

الموسوعة العملية فى التركيبات الكهربائية ④

المولدات القائمة بمحركات الديزل



المهندس
أحمد عبد المنعم

المحتويات

الصفحة

الموضوع

الباب الأول

المولدات التزامية

١٧	مقدمة	١ / ١
١٧	مصطلحات فنية هامة	٢ / ١
٢١	دوائر التوحيد	٣ / ١
٢٢	دوائر التوحيد الأحادية الوجه	١ / ٣ / ١
٢٣	دوائر التوحيد الثلاثية الوجه	٢ / ٣ / ١
٢٤	المولدات التزامية	٤ / ١
٢٨	التوصيلات المختلفة لملفات المولدات التزامية	٥ / ١
٣٣	أنواع المولدات التزامية	٦ / ١
٣٤	المولدات التزامية ذات الفرش الكربونية	١ / ٦ / ١
٣٥	المولدات التزامية ذات التغذية الذاتية والمزودة بمنظم جهد	٢ / ٦ / ١
	المولدات التزامية ذات التغذية المنفصلة والمزودة بمنظم جهد	٣ / ٦ / ١
٣٩	جهد	
٤٥	حماية المولدات التزامية من الظروف البيئية	٧ / ١

الباب الثاني

أجهزة القياس الكهربائية

٤٩	التصميمات المختلفة لأجهزة القياس	١ / ٢
----	----------------------------------	-------

٤٩	أجهزة القياس ذات الملف المتحرك	١ / ١ / ٢
٥٠	أجهزة القياس ذات القلب الحديدى المتحرك	٢ / ١ / ٢
٥٤	أجهزة القياس الكهروديناميكية	٣ / ١ / ٢
٥٨	أجهزة القياس الحثية	٤ / ١ / ٢
٥٩	الأجهزة الاهتزازية	٥ / ١ / ٢
٦١	أجهزة القياس المستخدمة مع المولدات التزامنية	٢ / ٢
٦٥	محولات التيار	٣ / ٢
٦٨	محولات الجهد	٤ / ٢
٧٠	أجهزة القياس والمرسلات لماكينات الديزل	٥ / ٢

الباب الثالث

دوائر التحكم التقليدية

٧٧	المفاتيح الكهرومغناطيسية	١ / ٣
٧٩	المتحكمات الحرارية	٢ / ٣
٨١	المؤقتات الزمنية	٣ / ٣
٨٣	الضواغط والمفاتيح	٤ / ٣
٨٩	نظرية تشغيل الكونتاكتور أو الريلاى الكهرومغناطيسى	٥ / ٣
٨٩	التشغيل والفصل بمفتاح تشغيل له وضعى تشغيل	١ / ٥ / ٣
٩٠	التشغيل والفصل بضغط يدوى	٢ / ٥ / ٣
٩٢	تشغيل وإيقاف محرك استنتاجى ثلاثى الأوجه	٦ / ٣
٩٣	أجهزة البيان والإنذار	٧ / ٣
٩٣	دوائر اختبار لمبات البيان	١ / ٧ / ٣
٩٥	دوائر الإنذار الصوتى والضوئى	٢ / ٧ / ٣

الباب الرابع

أجهزة حماية المولدات التزامنية

١٠٣	..... مقدمة	١ / ٤
١٠٥	..... قواطع الدائرة المصغرة	٢ / ٤
١٠٨	..... خواص قواطع الدائرة المصغرة	١ / ٢ / ٤
١١١	..... قواطع الجهد المنخفض	٣ / ٤
١١٣	..... خواص قواطع الدائرة المقولبة	١ / ٣ / ٤
١١٥	..... وحدات الفصل الالكترونية	٢ / ٣ / ٤
١١٧	..... قواطع التسرب الأرضي	٤ / ٤
١١٩	..... ريلاي زيادة التيار	٥ / ٤
١٢٠	..... ريلاي زيادة الجهد أو انخفاضه	٦ / ٤
١٢٤	..... ريلاي التردد	٧ / ٤
١٢٦	..... ريلاي انعكاس القدرة	٨ / ٤
١٢٨	..... ريلاي انعكاس تتابع الأوجه أو فقدان أحد الأوجه	٩ / ٤
١٢٩	..... ريلاي اتزان الأوجه	١٠ / ٤
١٣٠	..... ريلاي ارتفاع درجة الحرارة	١١ / ٤
١٣٠	..... ريلاي ارتفاع درجة الحرارة ذو المدخل الواحد	١ / ١١ / ٤
١٣١	..... ريلاي ارتفاع درجة الحرارة بستة مداخل	٢ / ١١ / ٤
١٣٢	..... ريلاي فقدان المجال	١٢ / ٤
١٣٤	..... ريلاي دائرة القصر	١٣ / ٤
١٣٥	..... ريلاي زيادة التيار	١٤ / ٤
١٣٦	..... ريلاي التسرب الأرضي	١٥ / ٤

الباب الخامس

أجهزة التحكم فى

وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل

١٤٣	..... منظمات الجهد	١/٥
١٤٤	..... منظمات جهد المولدات ذات التغذية الذاتية	١/١/٥
١٤٧	..... منظمات الجهد للمولدات ذات التغذية المنفصلة	٢/١/٥
١٥٢	..... نقاط المعايرة فى منظمات الجهد	٣/١/٥
١٥٤	..... منظمات السرعة	٢/٥
١٥٤	..... منظمات السرعة اليدوية	١/٢/٥
١٥٦	..... منظمات السرعة الالكترونية	٢/٢/٥
١٦٢	..... وحدة التحكم فى الماكينة ECU	٣/٥
١٦٩	..... مفتاح الانتقال الأتوماتيكى ATS	٤/٥

الباب السادس

تشغيل المولدات على التوازى

١٧٧	..... مقدمة	١/٦
١٧٧	..... التزامن اليدوى	٢/٦
١٨٠	..... ريلاى اختبار التزامن	١/٢/٦
١٨٣	..... التزامن الأتوماتيكى	٣/٦
١٨٣	..... جهاز التزامن الأتوماتيكى	١/٣/٦
	تقسيم القدرة غير الفعالة بين المولدات الموصلة على	٤/٦
١٨٥	..... التوازى	

٥/٦ تقسيم الأحمال بين المولدات التي تعمل على

١٩٠	التوازي	
	تقسيم الأحمال يدوياً على المولدات التي تعمل على	١/٥/٦
١٩٣	التوازي	
١٩٥	جهاز تقسيم الأحمال	٢/٥/٦
٢٠١	ريلاي التيار المزدوج	٣/٥/٦

الباب السابع

ماكينات الديزل

* ٢٠٧	أنواع ماكينات الديزل	١/٧
٢٠٧	ماكينات الديزل الرباعية الأشواط	١/١/٧
٢٠٩	ماكينات الديزل الثنائية الأشواط	٢/١/٧
٢١٤	أجزاء ماكينة الديزل	٢/٧
٢١٥	كتلة المحرك	١/٢/٧
٢٢٠	دورة التبريد	٢/٢/٧
٢٢٢	دورة التزييت	٣/٢/٧
٢٢٤	دورة حقن الوقود	٤/٢/٧
٢٢٧	خزان الوقود اليومي والرئيسي	٣/٧
٢٢٩	دائرة التحكم الخاصة بملئ الخزان اليومي	١/٣/٧
٢٣٣	الأجهزة الكهربائية المرفقة مع ماكينة الديزل	٤/٧
٢٣٣	البطاريات الحمضية	١/٤/٧
٢٣٥	مولدات شحن البطاريات	٢/٤/٧
٢٤٠	محركات بدء الحركة	٣/٤/٧

٢٤٣	البدء فى الأجواء الباردة	٥ / ٧
-----	--------------------------	-------

الباب الثامن

المخططات الكهربائية لوحدة التوليد

٢٤٩	المخططات الكهربائية لوحدة توليد سعتها 250KVA	١ / ٨
٢٦١	المخططات الكهربائية لوحدة يعملان على التوازي	٢ / ٨

الباب التاسع

التشغيل والصيانة والإصلاح

٢٧٩	تشغيل وحدة التوليد لأول مرة	١ / ٩
٢٨١	الصيانة الوقائية للمولدات	٢ / ٩
٢٨١	التنظيف والفحص	١ / ٢ / ٩
٢٨٢	التشحيم	٢ / ٢ / ٩
٢٨٣	تجفيف العزل الكهربى	٣ / ٢ / ٩
٢٨٤	اكتشاف وإصلاح أعطال المولدات ومنظمات الجهد	٣ / ٩
	القياسات اللازمة عند اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد	٤ / ٩
٢٨٨	الجهد	
٢٨٨	قياسات الجهد والتيار	١ / ٤ / ٩
٢٩٠	الفحوصات التى تحتاج لقياس المقاومات	٢ / ٤ / ٩
٢٩٣	قياسات العزل	٣ / ٤ / ٩
٢٩٦	اكتشاف أعطال حاكمت السرعة وإصلاحها	٥ / ٩
٢٩٨	اكتشاف وإصلاح أعطال جهاز التزامن الأتوماتيكي	٦ / ٩
٣٠٠	اكتشاف وإصلاح أعطال مقسمات الأحمال	٧ / ٩
٣٠١	الصيانة الوقائية لماكينات الديزل	٨ / ٩

٩ / ٩	أعطال ماكينات الديزل الرباعية الأشواط وأسبابها وطرق
٣٠٢	إصلاحها
٣٠٤	١ / ٩ / ٩ استنزاف الهواء الموجود في دورة الوقود

الباب العاشر

الحسابات اللازمة لاختيار المولد

٣٠٩	١ / ١٠ مقدمة
٣١٠	٢ / ١٠ العوامل المؤثرة على مقنن المولد
٣١١	٣ / ١٠ اختيار مقنن المولد تبعاً للأحمال
٣١١	١ / ٣ / ١٠ الأحمال المستقرة
٣١٢	٢ / ٣ / ١٠ الأحمال التي لها خواص عابرة
٣١٦	٤ / ١٠ الأحمال الكهربائية
٣١٨	٥ / ١٠ تطبيق على اختيار المولد تبعاً للأحمال
٣٢٣	٦ / ١٠ تحسين معامل القدرة
٣٢٩	ملحق ١ أبعاد غرف وحدات التوليد العاملة بالديزل

الموسوعة العملية في التركيبات الكهربائية (٤)

المولدات العاملة بماكينات الديزل

إعداد

المهندس / أحمد عبد المتعال

الباب الأول
المولدات التزامية

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ
وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ ﴾ (١٥) ﴿ الاحقاف : ١٦ ﴾
صدق الله العظيم

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر للشركة السعودية لمولدات الديزل على التعاون الصادق ،
معنا ، وأخص بالذكر مهندسى مكتب التصميم م. رفيق عبد القادر ، م. سالم عيد الله
بإدراج ، م. محمد سالم الزاعلي .

كما أتقدم بالشكر للمهندس محمد حسن عبده رئيس أقسام الكهرباء بشركة
النصر للسيارات ، وأيضاً أتقدم بخالص الشكر للمهندس محمد السيد عيد
القدوس مدرس ماكينات الديزل بالكلية التقنية بالدمام وذلك لتعاونها الصادق معنا
فى إعداد هذا الكتاب . كما لا يفوتنى أن أتقدم بخالص الشكر للدكتور إمام
سداوى أستاذ التحكم فى أنظمة القوى الكهربائية بهندسة حلوان ، على ما قدمه من
تعاون صادق بناء .

وأخيراً أتقدم بخالص الشكر لكل من قدم لنا يد المعاونة فى إعداد هذا الكتاب
وجزاهم الله خير الجزاء .

المؤلف

المولدات التزامنية

١ / ١ - مقدمة

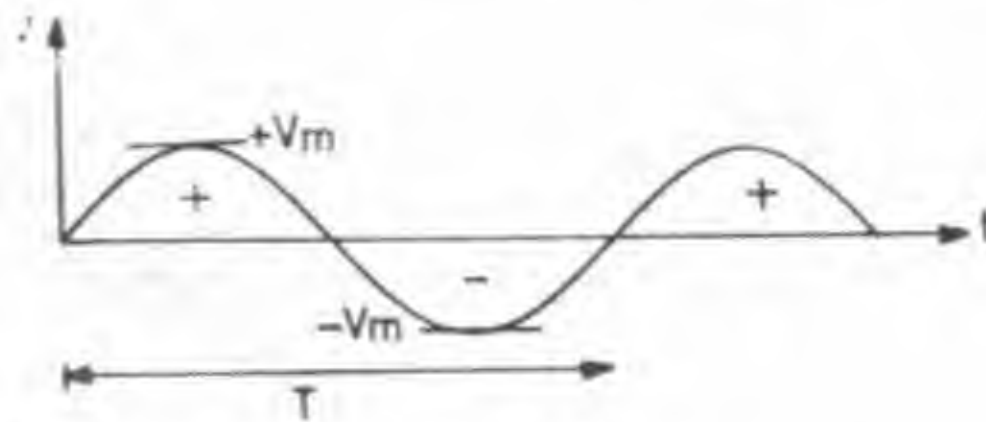
يعتبر المولد التزامنى Synchronous generator هو العنصر الاساسى فى وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل Diseal generator sets والتي تستخدم كمولدات احتياطية فى بعض المنشآت مثل: المستشفيات والمصانع والمدارس... إلخ. وتستخدم أيضاً كمصدر قدرة أساسية وذلك فى الأماكن النائية التى يصعب إمدادها بالتيار الكهربى من الشبكة الموحدة.

- * وتتكون وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل من مولد تزامنى ثلاثى الأوجه يتم إدارته بماكينة ديزل Diseal Engine كالمستخدمة فى السيارات الكبيرة. ويتميز المولد التزامنى بخواصه الكهربائية الممتازة، وباستقراره تحت ظروف التحميل المختلفة من حيث ثبات الجهد والتردد، بالإضافة إلى ذلك سهولة التحكم فى جهد أطرافه وتردده كما سيتضح فيما بعد.

١ / ٢ - مصطلحات فنية هامة

١ - دوائر التيار المتردد Alternating Current Circuits

وفيهما يتغير الجهد والتيار فى القيمة والاتجاه بتردد يساوى 50HZ فى بعض الدول مثل: مصر، فى حين التردد 60HZ فى دول أخرى مثل: السعودية. والشكل (١-١) يعرض موجة جهد متردد.



الشكل (١ - ١)

وتتكون الدورة الكاملة من نصف موجة موجب +، وأخرى سالبة -، ويكون أقصى قيمة للجهد الموجب $+V_m$ ، وأقصى قيمة للجهد السالبة هو $-V_m$ ، وزمن الدورة الكاملة هو T والتردد بالهيرتز F يساوي .

$$F = \frac{1}{T} \quad (\text{HZ}) \rightarrow (1.1)$$

والجدير بالذكر أن الزاوية الكهربائية للموجة الكاملة تساوي 360° .

٢ - دوائر التيار المستمر Direct Current Circuits

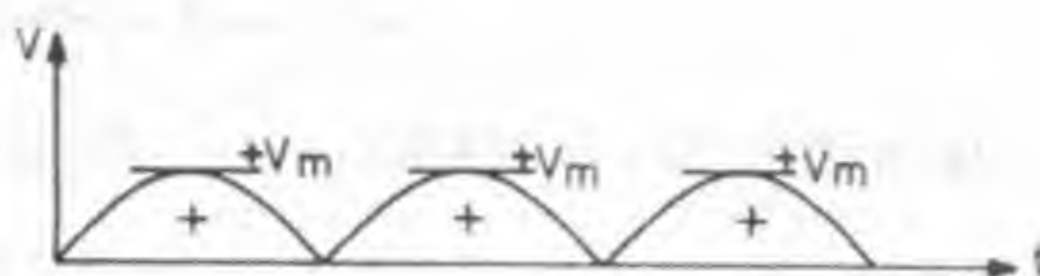
وفيها يكون كل من الجهد والتيار ثابت الاتجاه .

وهناك نوعان من الجهد والتيار المستمر وهما :

١ - مستمر ثابت القيمة .

٢ - مستمر متغير القيمة .

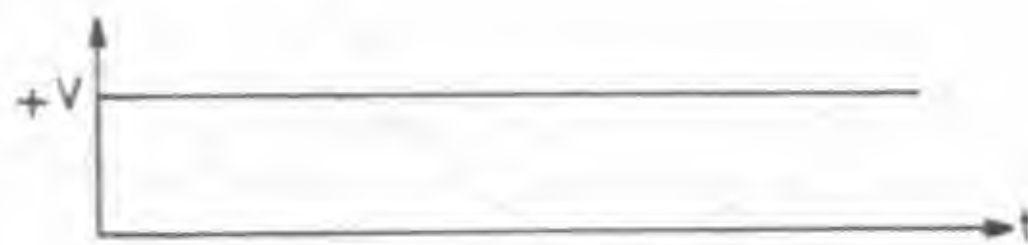
والشكل (١ - ٢) يعرض موجهة جهد مستمر متغير القيمة وهذا الجهد موجب وهو ناتج عن تقويم الجهد المتردد بقنطرة توحيد كما سيتضح فيما بعد .



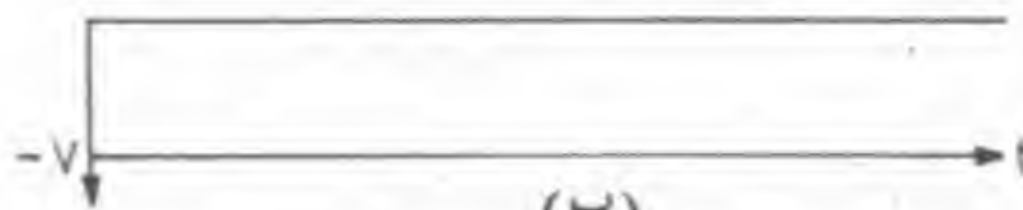
الشكل (١ - ٢)

ويلاحظ أن قيمة الجهد تتراوح ما بين 0V إلى $+V_m$

والشكل (١ - ٣) يعرض جهد مستمر ثابت القيمة موجب الشكل (أ) ،
وسالب الشكل (ب) .



(أ)

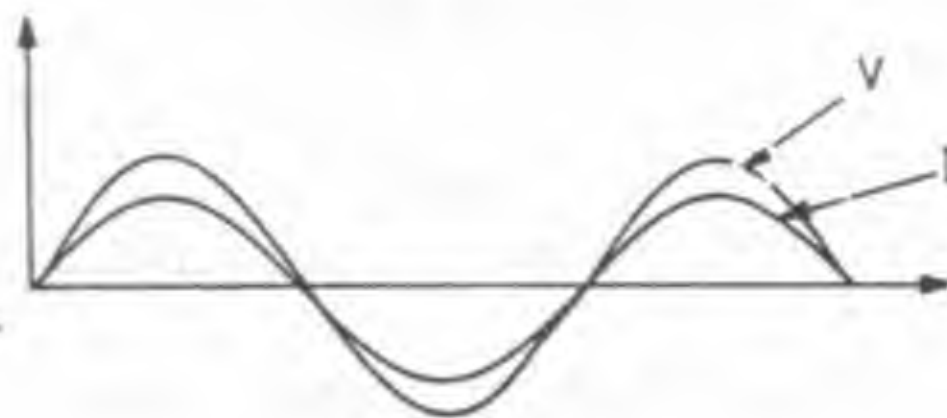


(ب)

الشكل (١ - ٣)

٣ - معامل القدرة Power Factor

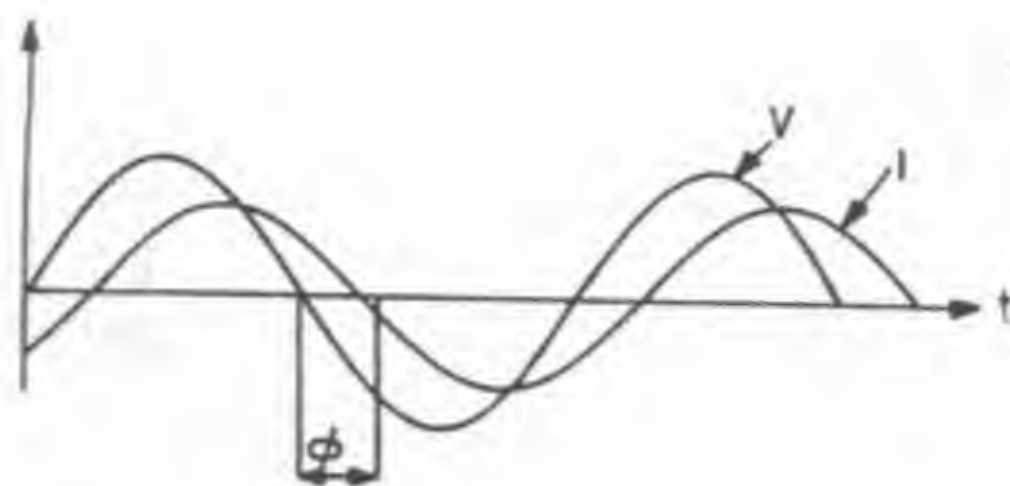
- تتحكم الأحمال الكهربائية في العلاقة بين الجهد والتيار، فإذا كانت الأحمال مادية Resistive مثل: السخانات الكهربائية والمصابيح المتوهجة، فإن الجهد يكون متفقاً في الوجه مع التيار، أي أن الزاوية المحصورة بين الجهد والتيار ϕ تكون مساوية للصفر، ويكون معامل القدرة $\cos\phi$ مساوياً لـ 1، وهذه الحالة هي أفضل حالات التحميل، حيث يستفاد بكل القدرة المتولدة. والشكل (١ - ٤) يوضح هذه الحالة.



الشكل (١ - ٤)

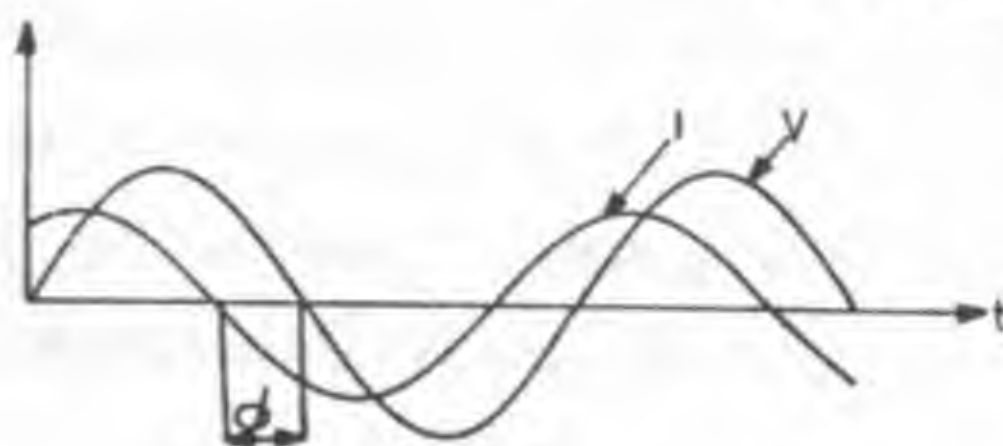
أما عندما تكون الأحمال حثية Inductive مثل: المحركات الكهربائية ومصابيح الفلورسنت، فإن التيار يكون متأخراً عند الجهد بزاوية ϕ تكون أقل من 90° وأكبر من 0° ، ويكون معامل القدرة $\cos\phi$ أقل من 1، ويقال في هذه الحالة إن معامل القدرة متأخر Lag؛ علماً بأن الأحمال الحثية تمثل غالبية الأحمال.

والشكل (١ - ٥) يوضح هذه الحالة.



الشكل (١ - ٥)

وعندما تكون الاحمال سعوية Capacitive مثل : المكثفات الكهربائية فإن التيار يكون متقدماً عن الجهد بزاوية ϕ أقل من 90° ، وأكبر من 0° ويكون معامل القدرة أقل من 1 ، ويقال إن معامل القدرة متقدم Lead وهذه الحالة نادرة الحدوث . والشكل (١ - ٦) يوضح هذه الحالة .



الشكل (١ - ٦)

٤ - القدرة الظاهرية والقدرة الفعالة

إن القدرة الظاهرية Apparent power للمولد التزامنى S ووحدتها KVA يمكن أن تحسب من المعادلة 1.2 .

$$S = \frac{\sqrt{3} IV}{1000} \quad (\text{KVA}) \rightarrow 1.2$$

أما القدرة الفعالة Active power والتي تستهلك في الاحمال P ووحدتها KW (كيلو واط) يمكن أن تحسب من المعادلة 1.3

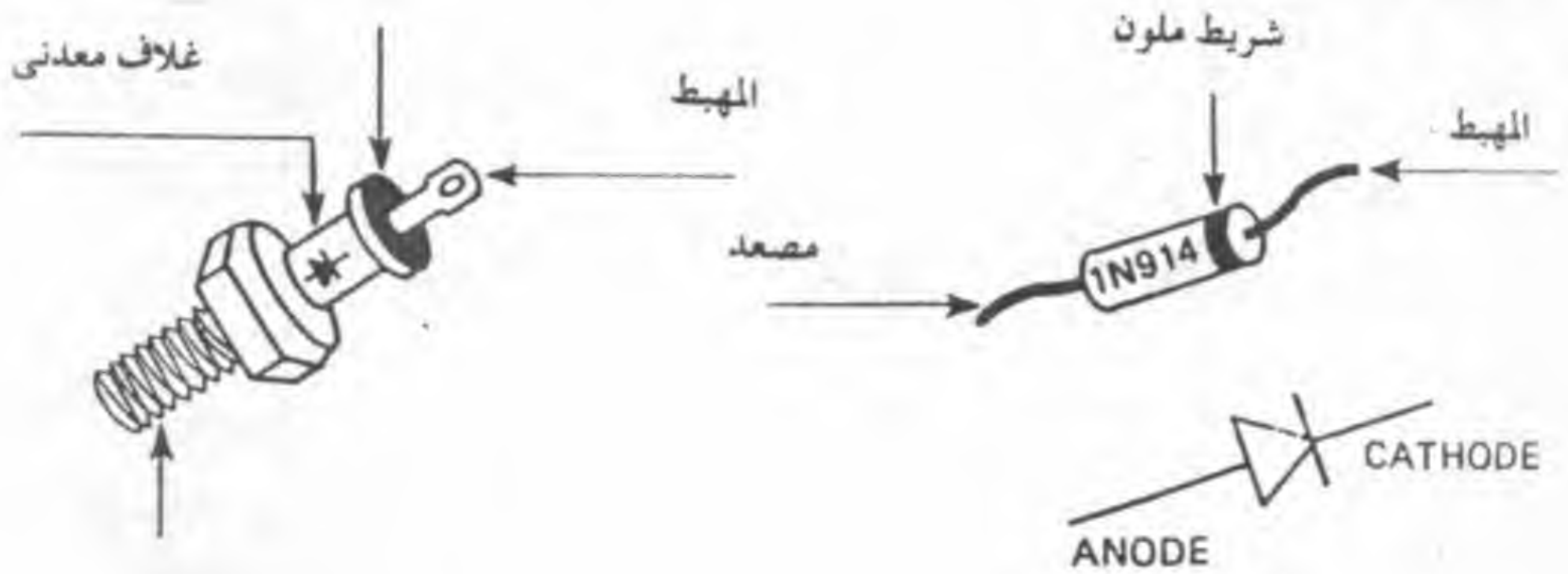
$$P = \frac{\sqrt{3} IV \cos \phi}{1000} \text{ (KW)} \rightarrow 1.3$$

حيث إن :

I	تيار الخط بالأمبير (A)
V	جهد الخط بالفولت (V)
$\cos \phi$	معامل القدرة

١ / ٣ - دوائر التوحيد Rectification Circuits

تعتبر الموحّدات Rectifiers هي البنية الأساسية لدوائر التوحيد، ويتكوّن الموحّد من وصلة ثنائية P-N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل: السليكون والجرمانيوم. والشكل (١ - ٧) يعرض نموذجاً لموحّد صغير طراز 1N914 ورمزه وكذلك صورة لموحّد كبير؛ علماً بأنه في حالة الموحّدات الصغيرة يوضع شريط ملون جهة المهبط Cathode.



الشكل (١ - ٧)

ويعتبر الموحّد مفتاحاً مفتوحاً OFF في الحالة الطبيعية، وبمجرد تعريضه لانهيار أمامي أي ارتفاع جهد مصعده A عن جهد مهبطه K بمقدار (0.7V) يصبح كمفتاح مغلق ON، ويكون اتجاه مرور التيار الكهربائي من المصعد إلى المهبط I، ويقال إن :

الموحد في حالة وصل ON، أما عند تعريض الموحد لانحياز عكسي (أى تعريض المهبط K لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد A) يمر تيار صغير جداً ويسمى بتيار التسرب Leakage Current. ويعمل الموحد كمفتاح مفتوح OFF ويقال إن : الموحد في حالة قطع OFF.

ويمكن تقسيم دوائر التوحيد التي تقوم بتحويل التيار المتردد لتيار مستمر إلى :

أ - دوائر توحيد نصف موجة .

ب - دوائر توحيد موجة كاملة .

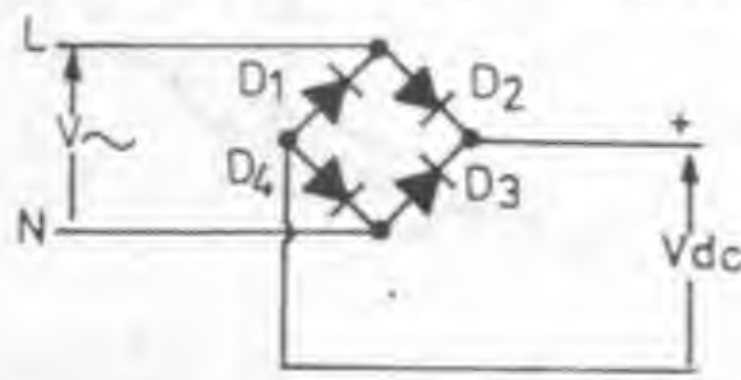
وسوف نكتفى في هذا الكتاب بتناول دوائر توحيد الموجة الكاملة والتي تنقسم بدورها إلى :

أ - دوائر توحيد أحادية الوجه .

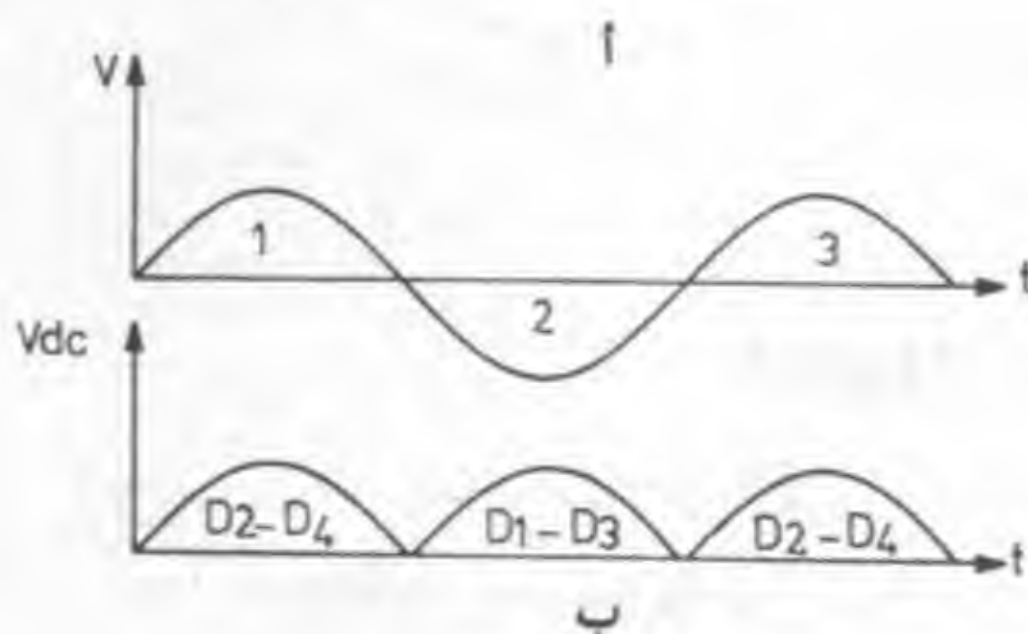
ب - دوائر توحيد ثلاثية الوجه .

١ / ٣ / ١ - دوائر التوحيد الأحادية الوجه

الشكل (١ - ٨) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة أحادية الوجه باستخدام قنطرة توحيد، والمؤلفة من أربعة موحّدات ($D1 : D4$) وذلك في (الشكل أ) ، وكذلك



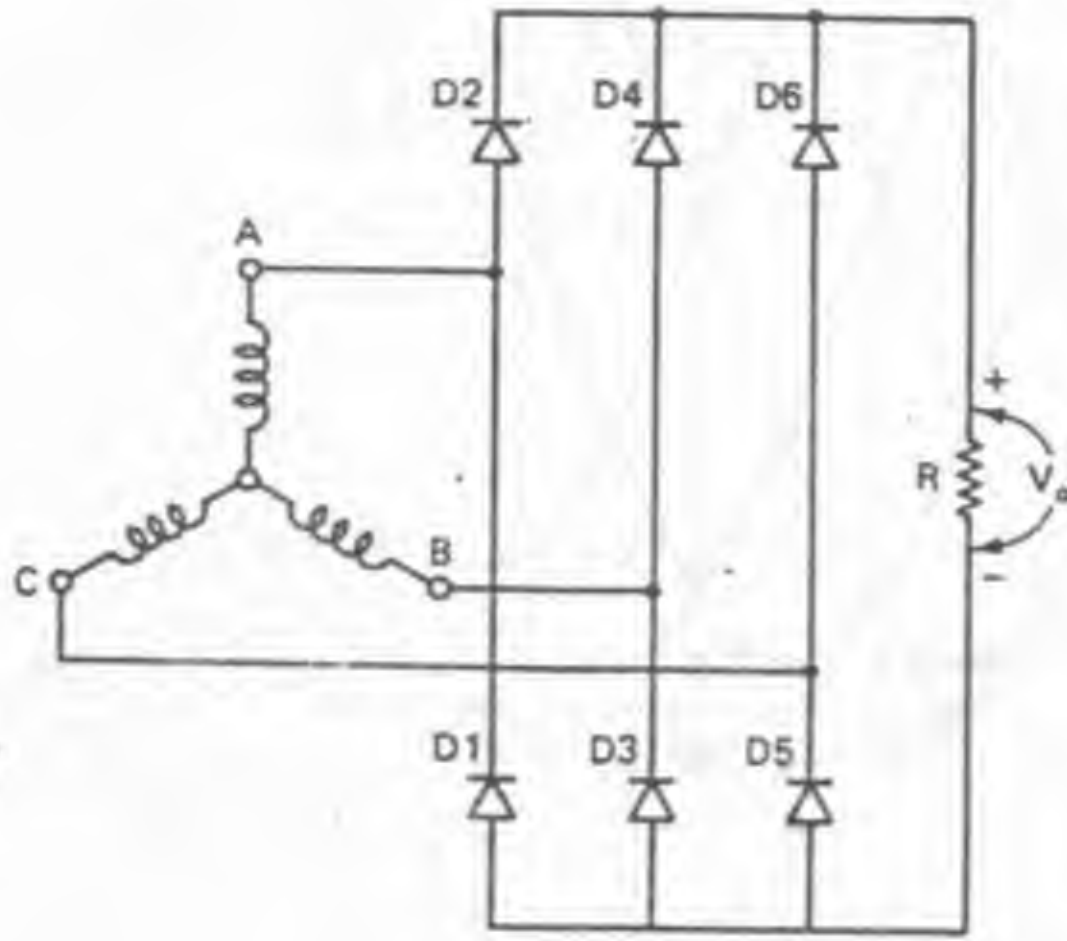
موجة الدخل V ، وموجة الخرج V_{dc} وذلك في (الشكل ب) .



الشكل (١ - ٨)

ويلاحظ أنه في نصف الموجة الأول (1) يكون كل من $D2, D4$ في حالة وصل، أما في نصف الموجة السالب يكون $D1, D3$ في حالة وصل وهكذا.

الشكل (١ - ٩) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة ثلاثية الأوجه، وعادة يكون



الشكل (١-٩)

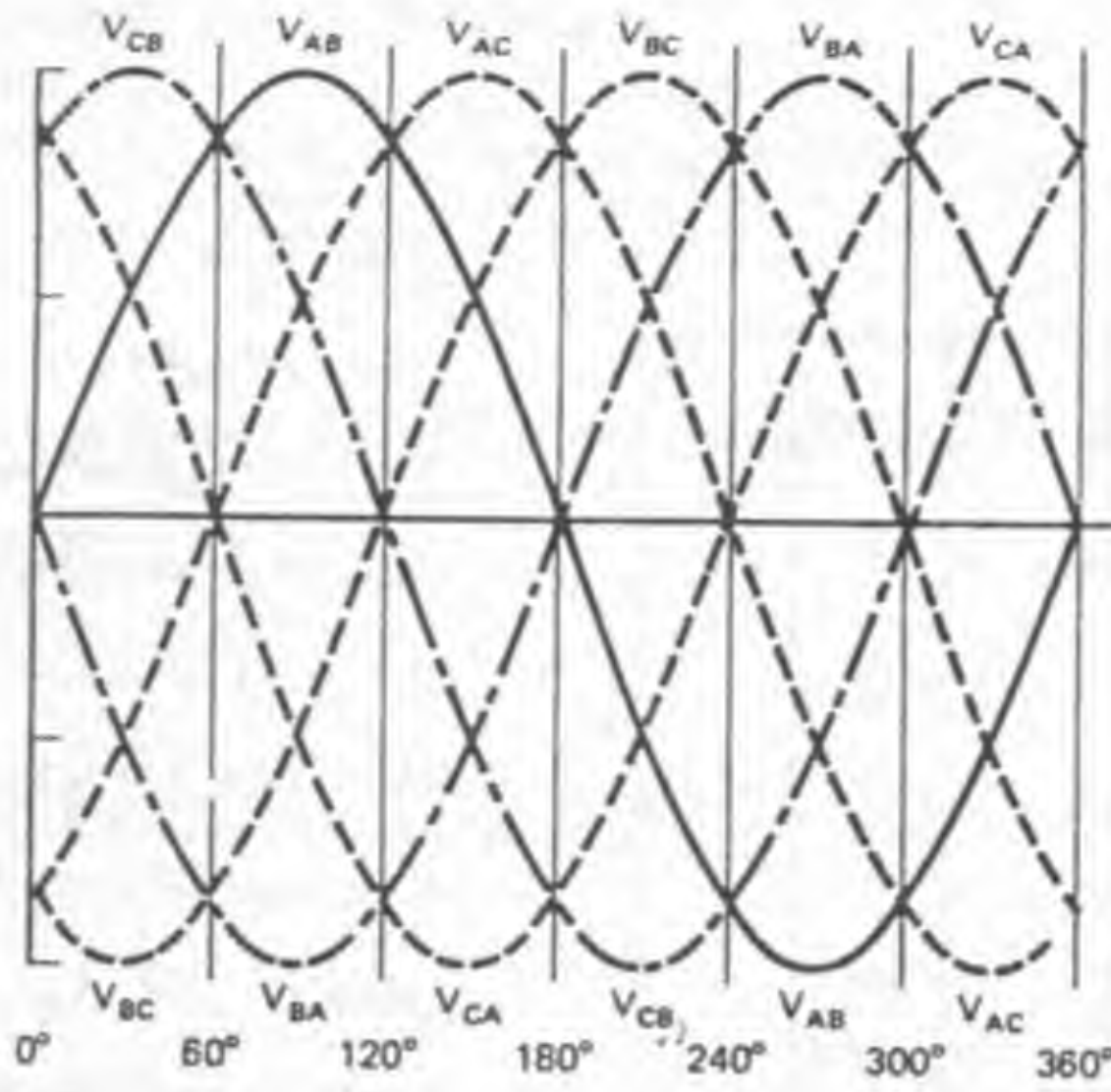
هناك موحدان في حالة وصل ON، في أى لحظة، في حين يبقى أربعة موحدات في حالة قطع OFF. ويكون أحد الموحدين اللذين في حالة وصل من الموحّدات الفردية $D1, D3, D5$ ، والآخر من الموحّدات الزوجية $D2, D4, D6$ ، ويمر التيار الكهربى من الخط الذى له أعلى جهد موجب فى الموحّد الزوجى عبر الحمل، ثم عبر الموحّد الفردى الذى يؤدى إلى خط المصدر الذى

له أعلى جهد سالب. ولذلك يمكن تحديد

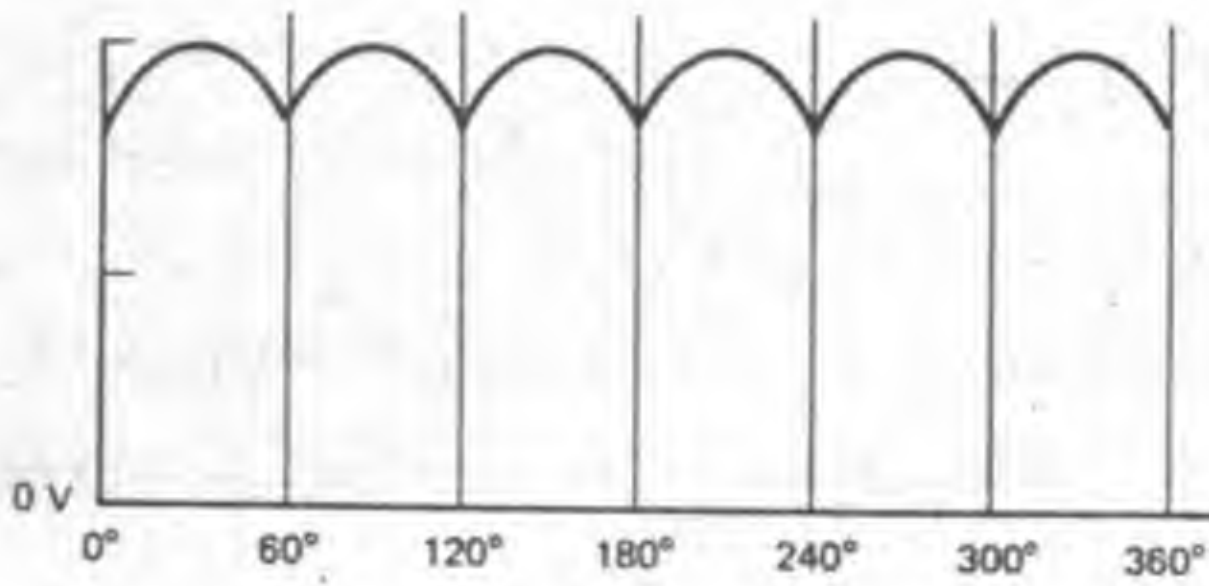
مسار التيار فى أى لحظة بتحديد الطرف الأعلى جهد موجب، والطرف الأعلى جهد سالب. والشكل (١ - ١٠) يعرض شكل موجات الجهد للأوجه الثلاثة ومعكوسهم (الشكل أ) وكذلك شكل موجة الخرج V_O على المقاومة R (الشكل ب).

والجدير بالذكر أنه لتعين الوجه الأعلى جهد موجب نتبع الآتى:

فى الفترة $0:60^\circ$ يكون V_{BC} هو أعلى فرق جهد سالب، أى أن V_{CB} أعلى فرق جهد موجب، أى أن الوجه C هو أعلى جهد موجب، والوجه B هو أعلى جهد سالب، وبالتالي يكون الموحّد الزوجى الذى فى حالة وصل هو $D6$ ، والموحد الفردى الذى فى حالة وصل هو $D3$ وهكذا.



أ



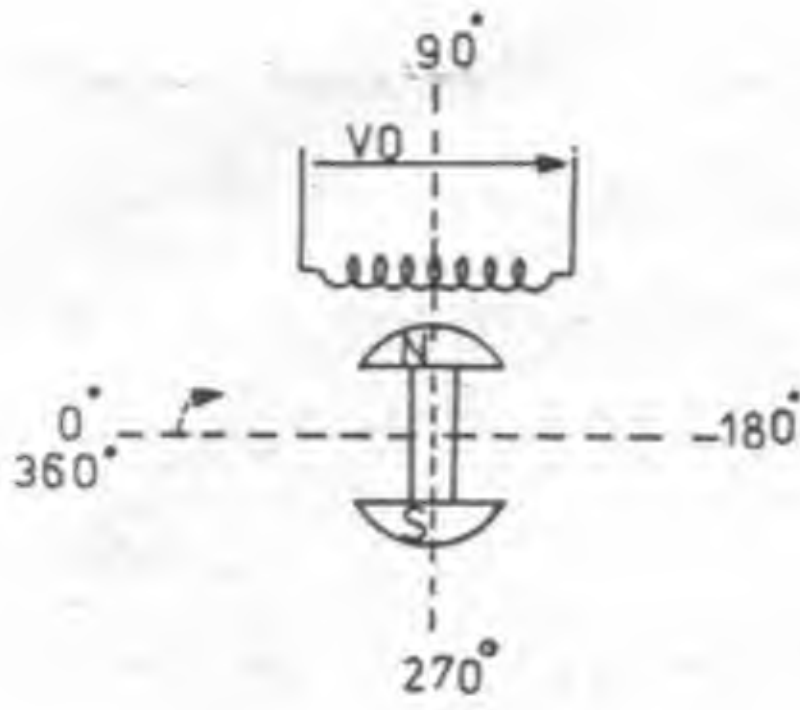
ب

الشكل (١ - ١٠)

١ / ٤ - المولدات التزامنية

لاستيعاب نظرية عمل المولد التزامنى الأحادى الوجه، نفترض أن مغناطيساً دائماً على شكل قضيب له طرف يمثل القطب الشمالى N، والآخر يمثل القطب الجنوبى S يدور بجوار ملف كهربي كما بالشكل (١ - ١١).

وتبعاً لقانون فارادى فإنه عندما يقطع مجال مغناطيسى دوار ملف يتولد تيار



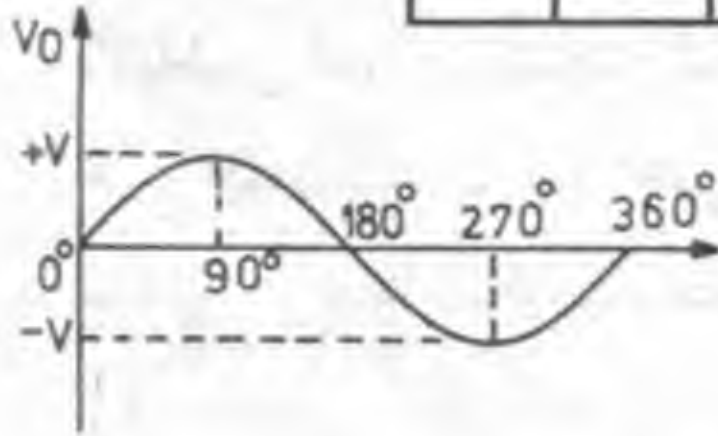
كهربي في هذا الملف . لذلك تتولد قوة دافعة كهربية في الملف، يختلف جهده تبعاً لوضع القضيب المغناطيسي من الملف الكهربي .

والجدول (١ - ١) يعطى قيمة الجهد عند الأوضاع الخمسة المبينة بالشكل السابق .

الشكل (١ - ١)

الجدول (١ - ١)

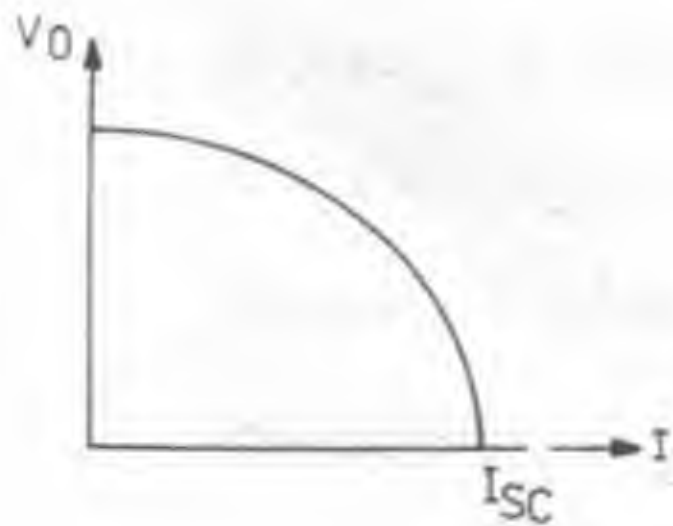
0	-V	0	+V	0	الجهد
360°	270°	180°	90°	0°	زاوية الدوران



الشكل (١ - ١٢)

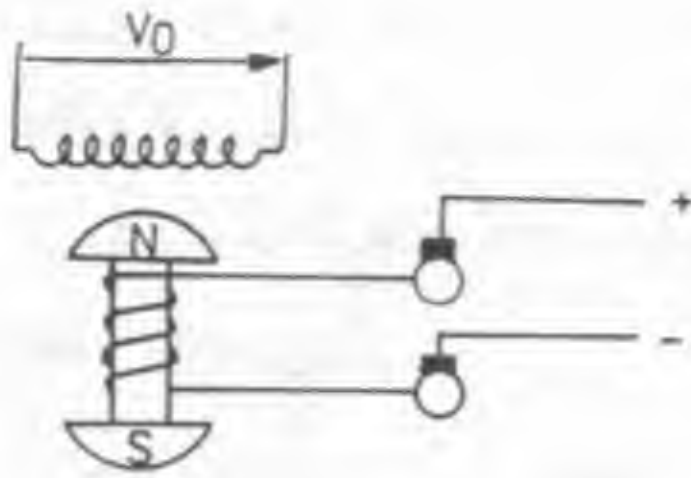
حيث إن :

أقصى قيمة للجهد على أطراف الملف V .
والشكل (١ - ١٢) يعرض موجة كاملة للجهد على أطراف الملف V_0 ، وزاوية دوران المغناطيس الدوار وتسمى هذه الموجة بموجة جيبية Sine Wave .



الشكل (١ - ١٣)

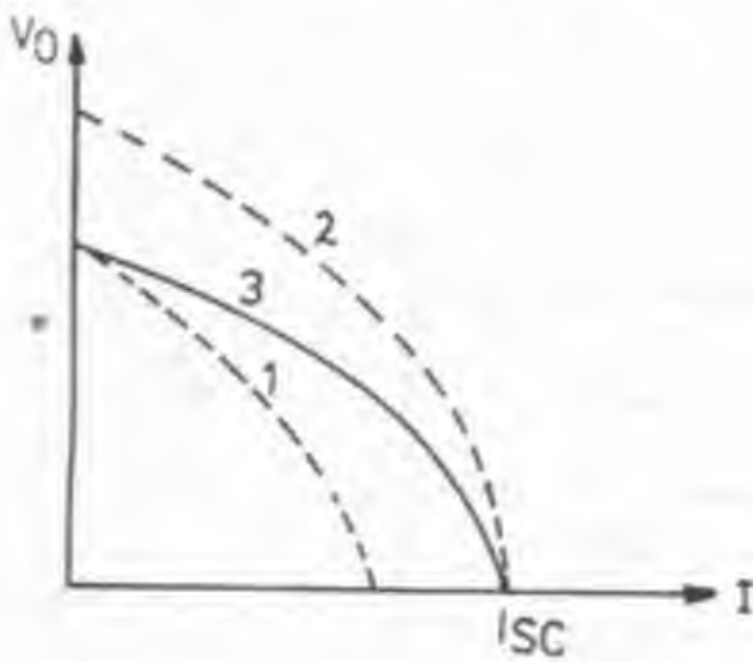
والشكل (١ - ١٣) يعرض العلاقة بين جهد أطراف الملف وتيار الحمل، ويلاحظ إنه كلما ازداد تيار الحمل I قل هذا الخرج V_0 ، والسبب في ذلك ثبات قيمة المجال المغناطيسي الناتج عن المغناطيس الدائم الثابت القيمة . ولكي نحافظ على مستوى الجهد عند التحميل يجب استبدال المغناطيس الدائم بمغناطيس كهربي يغذى من مصدر تيار مستمر متغير



القيمة، حيث يتم تغذية ملف كهربي عن طريق حلقات انزلاق وفرش كربونية بتيار مستمر، بحيث يتم زيادة التيار المار في ملف المغناطيس الدوار كلما ازداد الحمل والعكس بالعكس

والشكل (١٤ - ١) يوضح هذه الفكرة.

الشكل (١٤ - ١)

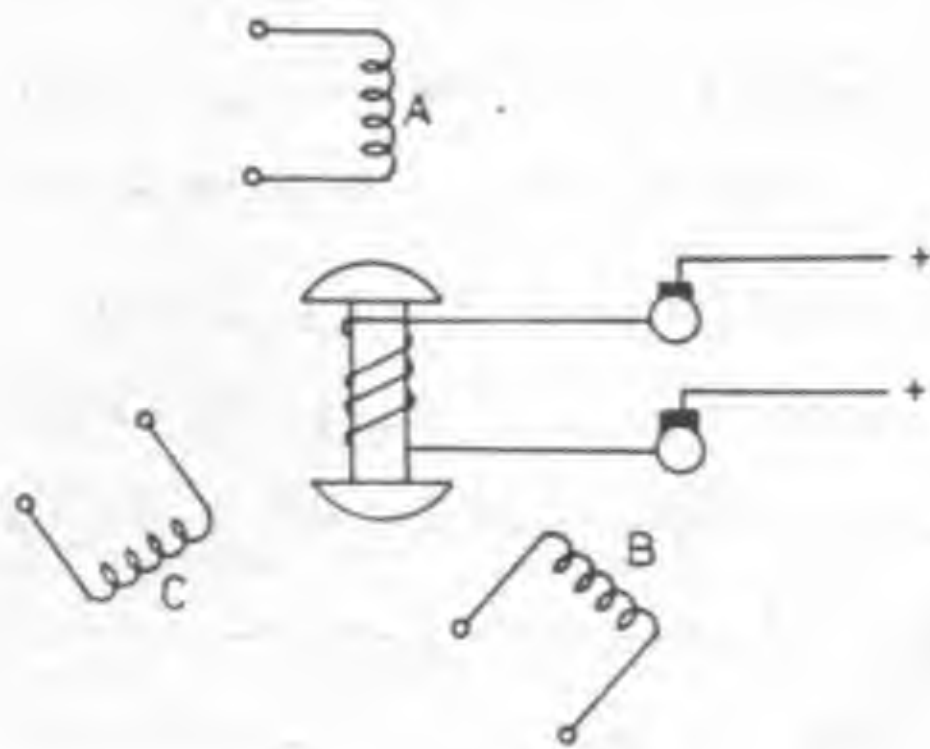


أما الشكل (١٥ - ١) فيبين العلاقة بين جهد الخرج على أطراف الملف الثابت V_0 ، والتيار الحمل للملف الثابت I عند ثلاثة قيم لتيار ملف المغناطيسي الدوار I_F . حيث إن المنحنى 1 هو منحنى خرج الملف الثابت عند أقل قيمة لتيار ملف المغناطيس الدوار. والمنحنى 2 هو منحنى

الشكل (١٥ - ١)

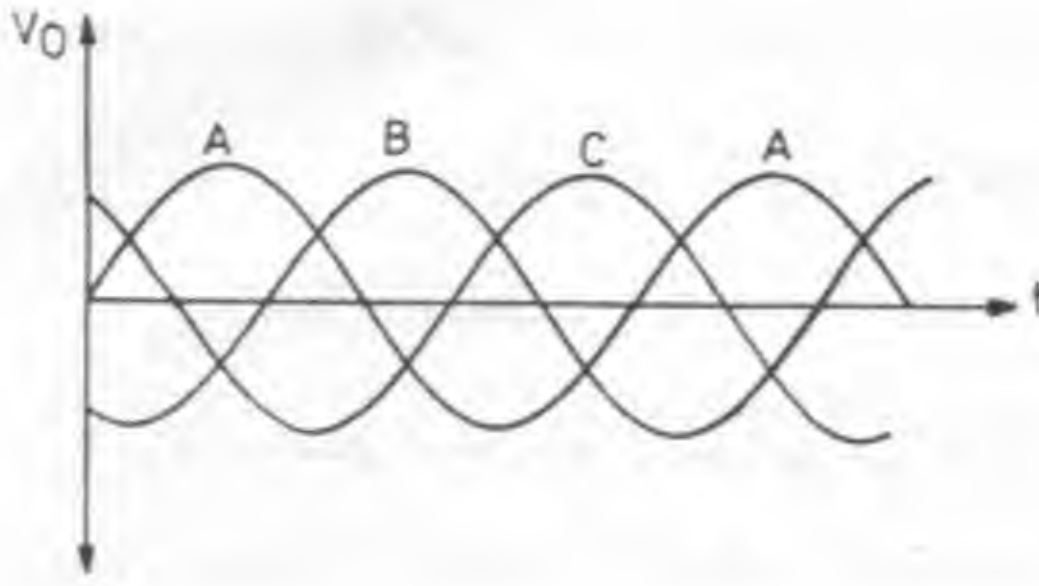
خرج الملف الثابت عند أعلى قيمة لتيار الملف المغناطيسي الدوار. والمنحنى هو منحنى خرج الملف الثابت عند أعلى قيمة لتيار الملف المغناطيسي الدوار. والمنحنى

3 هو منحنى خرج الملف الثابت عند قيمة متوسطة لتيار ملف المغناطيسي الدوار. ولاستيعاب نظرية عمل المولد التزامنى الثلاثى الأوجه نفترض أن مغناطيساً كهربياً متغيراً بقطبين يدور بجوار ثلاثة ملفات A, B, C الزاوية بينهم 120° كما بالشكل



الشكل (١٦ - ١)

(١٦ - ١)، ففي هذه الحالة يتولد في كل ملف تيار كهربي بحيث تكون الزاوية بين



الجهد المتولد فى كل ملف
والآخر هى 120° .

والجدير بالذكر أنه فى
المولدات التزامنية الثلاثية
الوجه، فإن كل ملف يمثل
وجه من الأوجه.

الشكل (١ - ١٧)

والشكل (١ - ١٧)

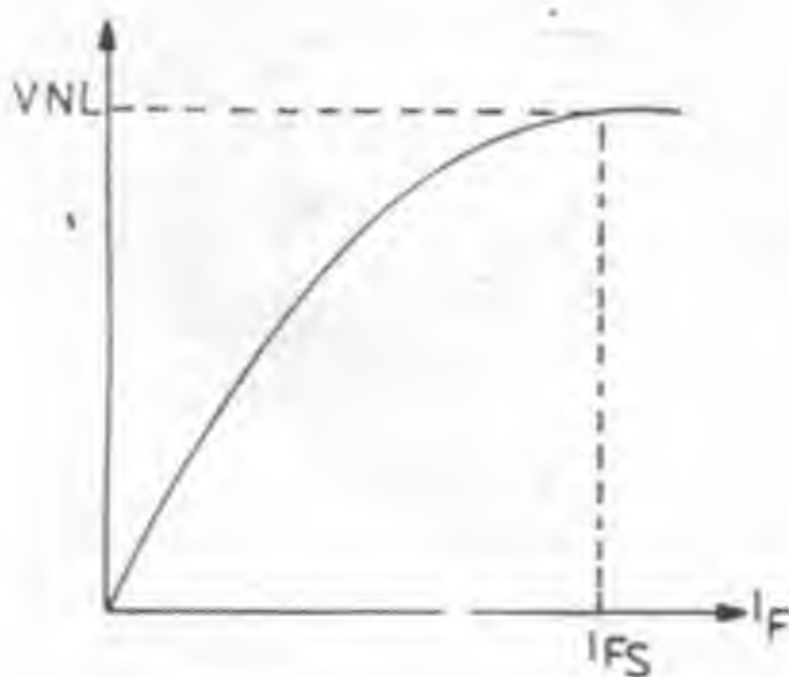
يبين العلاقة بين موجات الجهد المتولدة فى الملفات A, B, C والزمن.

وهناك علاقة بين سرعة دوران المولد (ns) وعدد أقطاب المولد P وتردد التيار المتولد F وهى كما يلى:

$$F = \frac{Pns}{120} \quad (\text{HZ}) \rightarrow 1.4$$

فعندما تكون سرعة المولد 3000 RPM (لفة / دقيقة) وعدد الأقطاب 2 كما
بالشكل (١ - ١٦) فإن التردد يساوى

$$F = \frac{Pns}{120} = \frac{2 \times 3000}{120} = 50 \text{ HZ}$$



الشكل (١ - ١٨)

والشكل (١ - ١٨) يوضح العلاقة
بين جهد أطراف ملفات الأوجه الثلاثة
A, B, C والتيار المجال عند اللاحمل.

ويلاحظ من هذا المنحنى، أنه كلما
ازداد تيار المجال ازداد جهد الأطراف،
ولكن ليست العلاقة خطية إلى أن يصل
قيمة تيار المجال إلى تيار التشبع Ifs
بعدها يحدث تشبع للمولد، أى يصبح
جهد الخرج ثابتاً تقريباً مهماً ازداد تيار

المجال، علماً بأن جهد أطراف المولد يعتمد على ثلاثة عوامل وهم:

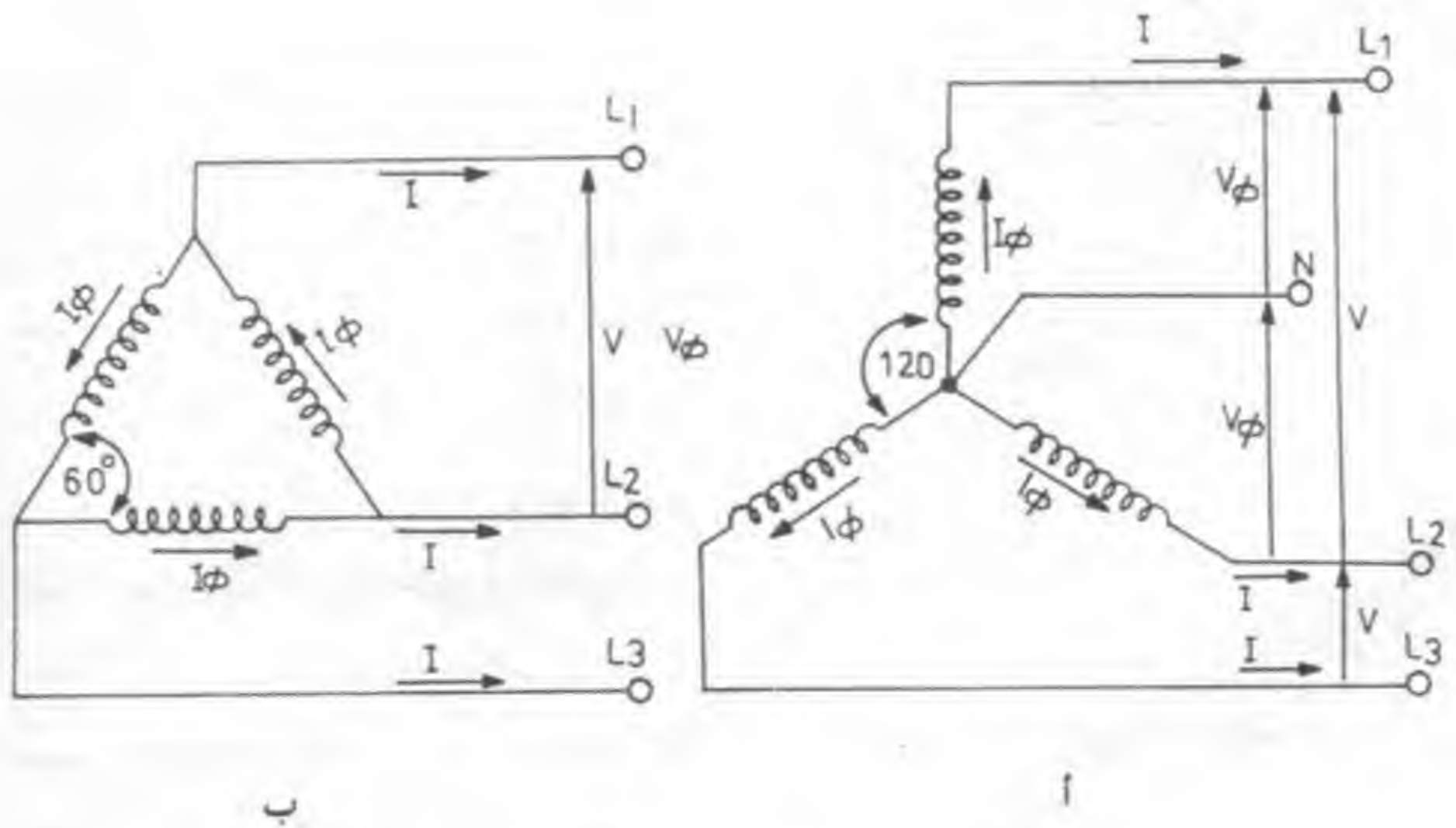
١ - سرعة دوران المولد والتي تكون ثابتة للحفاظ على ثبات التردد .

٢ - تيار المجال المغناطيسى I_f .

٣ - عدد لفات ملف المجال المغناطيسى الدوار والتي تكون ثابتة، وحيث إن كلا من سرعة دوران المولد ثابتة وعدد لفات ملف المجال ثابتة؛ لذلك فإنه يمكن التحكم فى خرج المولد بالتحكم فى تيار المجال، وذلك باستخدام منظم إلكترونى يعرف بمنظم الجهد للمولد AVR، ويعمل على زيادة أو تقليل تيار المجال حسب متطلبات الحمل للمحافظة على ثبات جهد الخرج.

١ / ٥ - التوصيلات المختلفة لملفات المولدات التزامنية

عادة يتم توصيل ملفات الأوجه الثلاثة للمولدات التزامنية، إما دلتا أو نجما .
والشكل (١ - ١٩) يبين طريقة توصيل ملفات المولد نجما (الشكل أ) ، وطريقة توصيل ملفات المولد دلتا (الشكل ب) .



الشكل (١ - ١٩)

حيث إن :

L_1, L_2, L_3

الأوجه الثلاثة للمولد

V

جهد الخط

V_{Φ}

جهد الوجه (فرق الجهد بين الخط والتعاادل)

I

تيار الخط

I_{Φ}

تيار الوجه

وفيما يلي خصائص توصيلة النجما :

$$V = \sqrt{3} V_{\Phi} \rightarrow 1.5$$

$$I_{\Phi} = I \rightarrow 1.6$$

وفيما يلي خصائص توصيلة الدلتا

$$I = \sqrt{3} I_{\Phi} \rightarrow 1.7$$

$$V = V_{\Phi} \rightarrow 1.8$$

والجدير بالذكر أن القدرة الفعالة للمولد التزامنى يمكن تعيينها من العلاقة 1.3، ويختلف عدد أطراف ملفات المولدات التزامنية الموجودة فى الأسواق على سبيل المثال يمكن أن تكون عدد أطرافها اثنى عشر طرفاً، أو عشرة أطراف أو ستة أطراف، أو أربعة أطراف (توصيلة النجما) أو ثلاثة أطراف (توصيلة الدلتا) .

أولاً : المولدات التزامنية ذات الاثنى عشر طرفاً .

وتحتوى على ستة ملفات منفصلة أطرافها كما يلى :

$(T_1 - T_4), (T_2 - T_5), (T_3 - T_6), (T_7 - T_{10}), (T_8 - T_{11}), (T_9 - T_{12})$

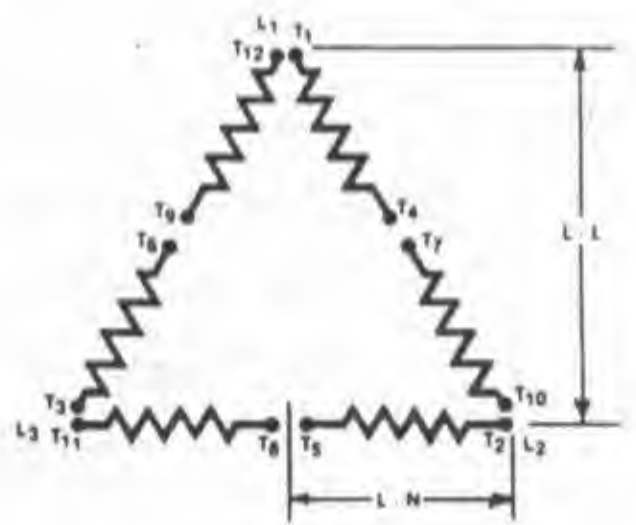
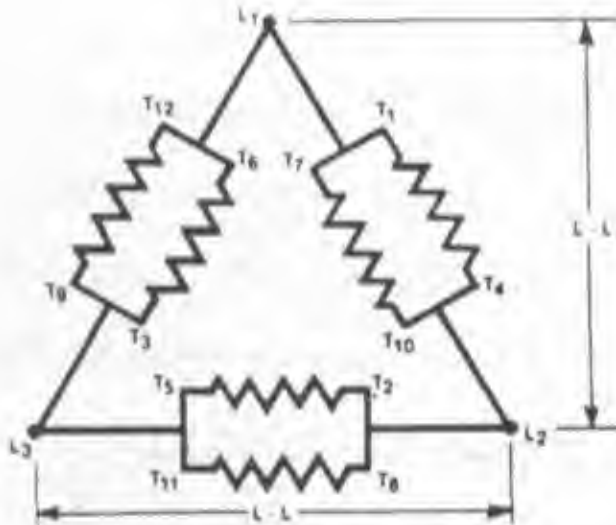
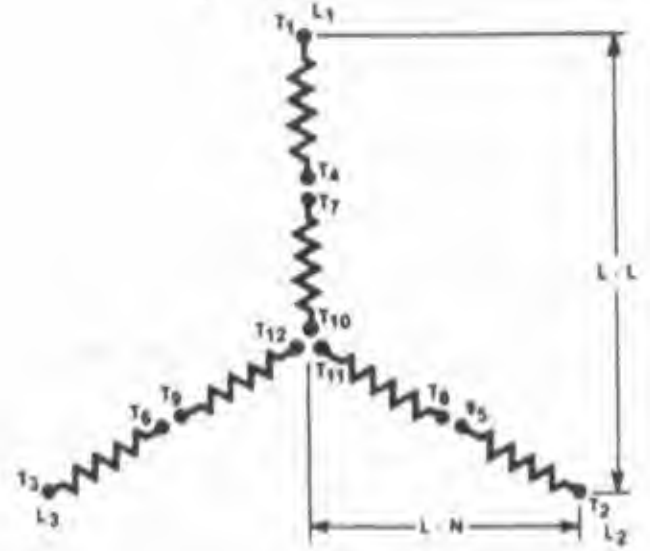
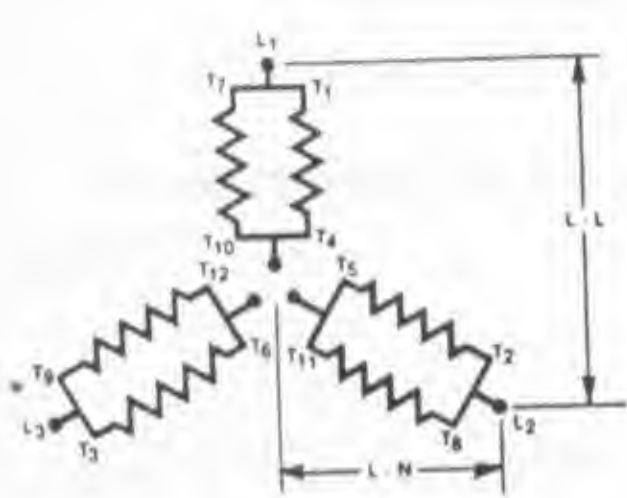
وتوصل هذه الملفات بإحدى الطرق المبينة بالشكل (١ - ٢٠) وهم كما يلى :

١ - نجما طويلة HI WYE (الشكل أ)

٢ - نجما قصيرة LOW WYE (الشكل ب) .

٣ - دلتا طويلة HI DELTA (الشكل ج).

٤ - دلتا قصيرة LOW DELTA (الشكل د).



الشكل (١ - ٢٠)

والجدول (١ - ٢١) يبين العلاقة بين الجهد والتيار للتوصيلات المختلفة للمولد ذات الاثنى عشر طرفاً باعتبار أن القدرة الظاهرية للمولد تساوى $\sqrt{3} VI$.

الجدول (١ - ٢)

نوع التوصيلة	تيار الخط	جهد الخط
نجمًا طويلة	I	V
نجمًا قصيرة	2I	$\frac{V}{2}$
دلتا طويلة	$\sqrt{3} I$	$\frac{V}{\sqrt{3}}$
دلتا قصيرة	$2\sqrt{3} I$	$\frac{V}{2\sqrt{3}}$

وبلاحظ أن أقصى جهد نحصل عليه في حالة النجمًا الطويلة يساوى V ،
وأقل جهد نحصل عليه في حالة الدلتا القصيرة ويساوى $\frac{V}{2\sqrt{3}}$. أما أقصى تيار
فنحصل عليه في حالة الدلتا القصيرة ويساوى $2\sqrt{3} I$ ؛ وأقل تيار نحصل عليه في
حالة النجمًا الطويلة ويساوى I .

ثانياً : المولدات التزامنية ذات العشرة أطراف .

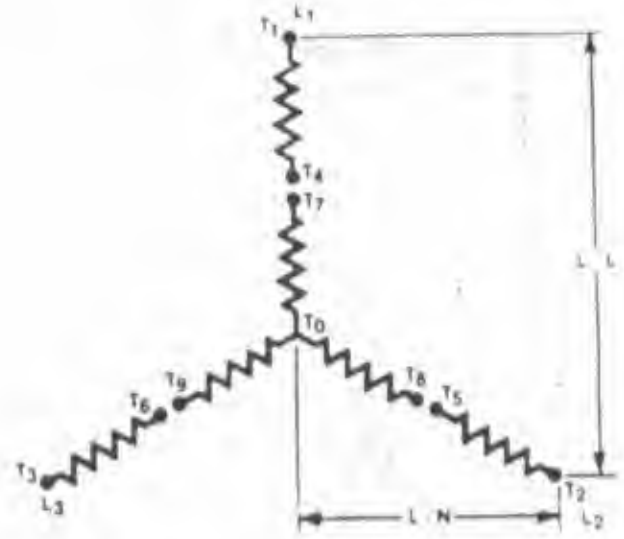
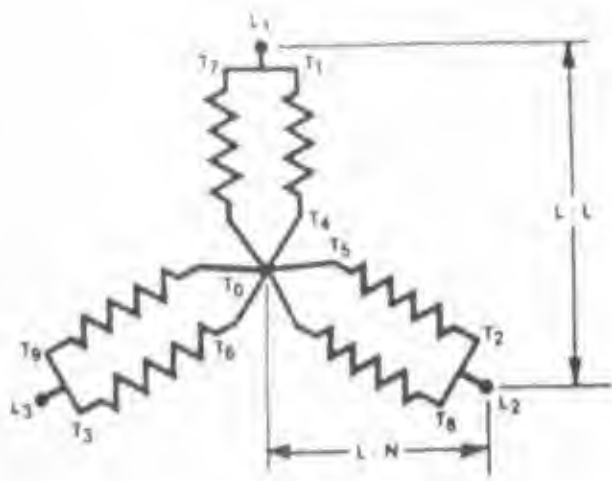
وتحتوى على ستة ملفات، ثلاثة منهم موصلة نجماً، وأطرافهم T7, T8, T9 ونقطة
التعادل T₀، وثلاث ملفات منفصلة أطرافها هي :

(T1 - T4) , (T2 - T5) , (T3 - T6)

وتوصل هذه الملفات بإحدى الطرق المبينة بالشكل (١ - ٢١) ، وهم كما يلي :

١ - نجمًا طويلة HI WYE (الشكل أ)

٢ - نجمًا قصيرة LOW WYE (الشكل ب) .



الشكل (١ - ٢١)

والجدول (١ - ٣) يعطى قيمة جهد الخط وتيار الخط فى التوصيلات المختلفة للمولد ذات العشرة أطراف باعتبار أن القدرة الظاهرية للمولد $\sqrt{3} VI$.

الجدول (١ - ٣)

نوع التوصيلة	تيار الخط	جهد الخط
نجماً طويلة	I	V
نجماً قصيرة	2I	V / 2

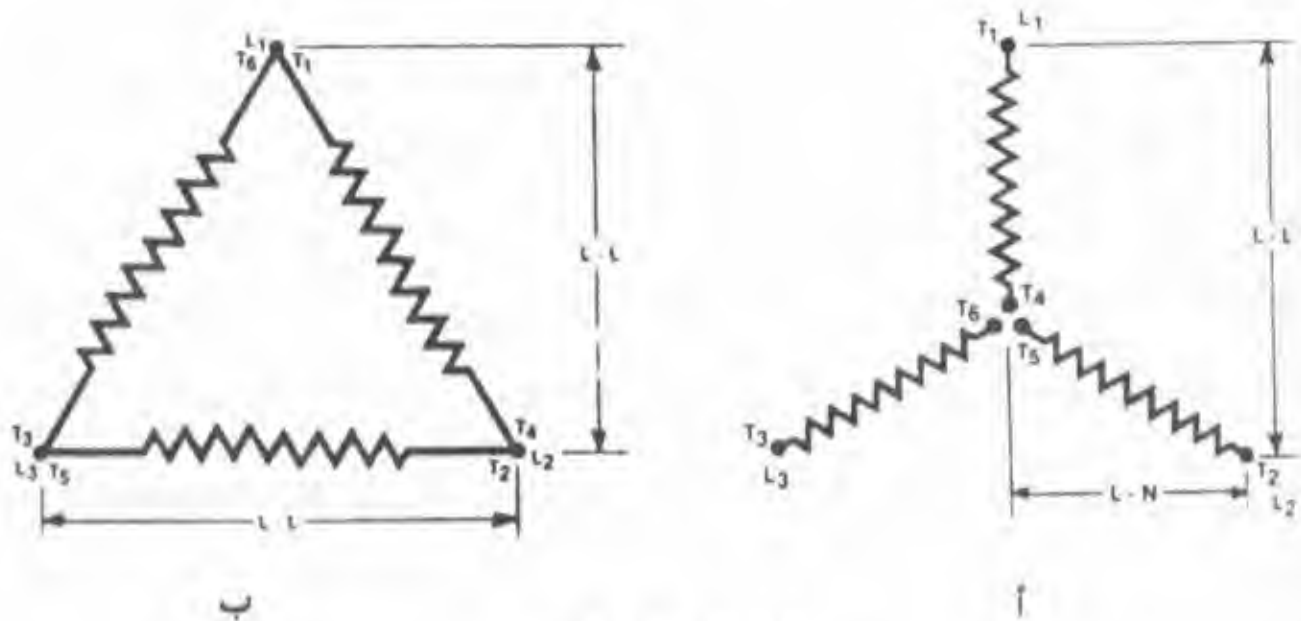
ثالثاً : المولدات ذات الستة أطراف

وتكون مزودة بثلاثة ملفات وهم : (T1 - T4), (T2 - T5), (T3 - T6)

وأهم طرق توصيل المولدات ذات الستة أطراف مبينة بالشكل (١ - ٢٢) وهم كما يلى :

١ - نجماً WYE (الشكل أ) .

٢ - دلتا DELTA (الشكل ب) .



الشكل (١ - ٢٢)

- والجدول (١ - ٤) يعطى قيمة جهد الخط وتيار الخط فى التوصيلات المختلفة إذا كانت القدرة الظاهرية للمولد $\sqrt{3} IV$.

الجدول (١ - ٤)

نوع التوصيلة	تيار الخط	جهد الخط
نجم	I	V
دلتا	$\sqrt{3} I$	$\frac{V}{\sqrt{3}}$

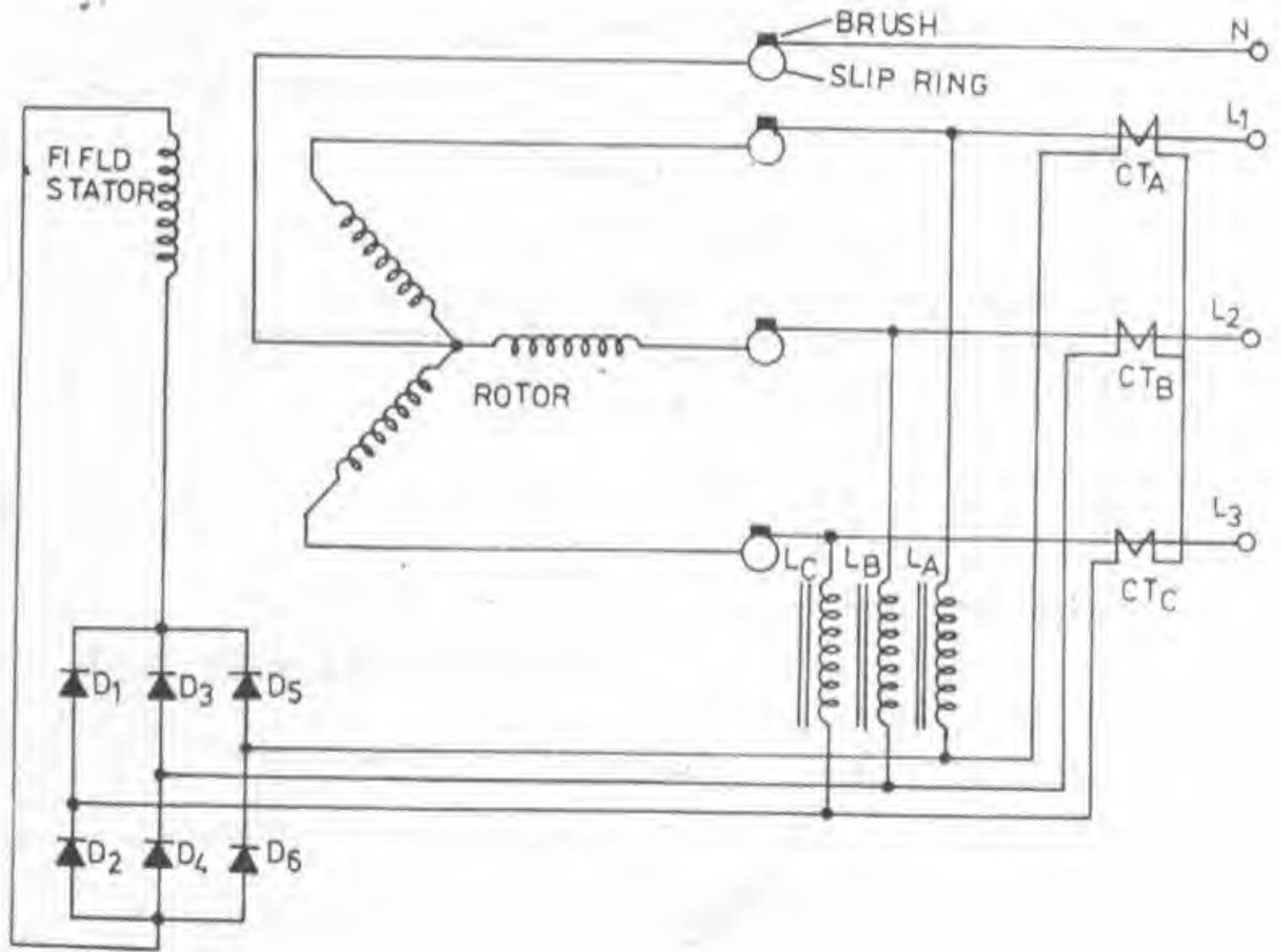
٦ / ١ - أنواع المولدات التزامنية

يمكن تقسيم المولدات التزامنية إلى:

- ١ - مولدات تزامنية بفرش كربونية.
- ٢ - مولدات تزامنية بدون فرش كربونية ويمكن تقسيمها إلى:
 - أ - مولدات تزامنية بتغذية ذاتية مزودة بمنظم جهد AVR.
 - ب - مولدات تزامنية بتغذية منفصلة مزودة بمنظم جهد AVR.

١ / ٦ / ١ - المولدات التزامنية ذات الفرش الكربونية

وتكون ملفات التيار المتردد لهذه المولدات مثبتة على العضو الدوار، في حين أن ملفات المجال لهذه المولدات تكون في العضو الثابت، وعادة فإن سعات هذه المولدات أقل من 20KVA. ويستخدم مع هذه المولدات نظام الإثارة الإستاتيكية Static Excitation، حيث ينقل تيار خرج المولد بواسطة ثلاثة محولات تيار CT'S، وملفات خائقة Chock Coils تقوم بتعويض التغير في الحمل ومعامل القدرة. والشكل (١ - ٢٣) يبين مخطط التوصيل الداخلي لهذه المولدات.



الشكل (١ - ٢٣)

حيث إن :

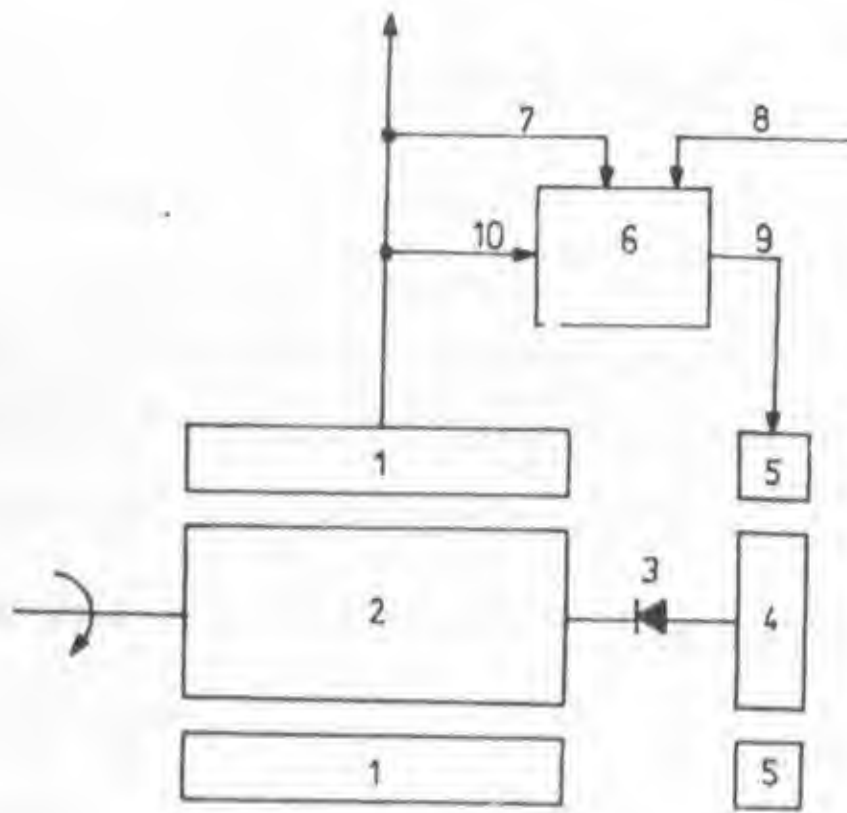
Slip ring	حلقات انزلاق
Brush	فرشة كربونية
Rotor	العضو الدوار ويحمل ملفات التيار المتردد
Stator	العضو الثابت ويحمل ملفات المجال
CTA, CTB, CTC	محولات تيار
LA, LB, LC	ملفات خانقة
D1 - D6	موحدات

١ / ٦ / ٢ - المولدات التزامنية ذات التغذية الذاتية والمزودة بمنظم جهد

الشكل (١ - ٢٤) يبين المخطط الصندوقي لهذه المولدات .

حيث إن :

- 1 العضو الثابت للمولد التزامنى الرئيسى
- 2 العضو الدوار للمولد الرئيسى وبه ملفات المجال
- 3 موحدات دوارة
- 4 العضو الدوار لمولد الإثارة وبه ملفات المجال
- 5 العضو الثابت لمولد الإثارة وبه ملفات التيار المتردد
- 6 الدائرة الإلكترونية لمنظم الجهد AVR
- 7 تغذية القدرة الكهربائية
- 8 جهد المرجع
- 9 خرج منظم الجهد AVR
- 10 التغذية المرتدة



الشكل (١ - ٢٤)

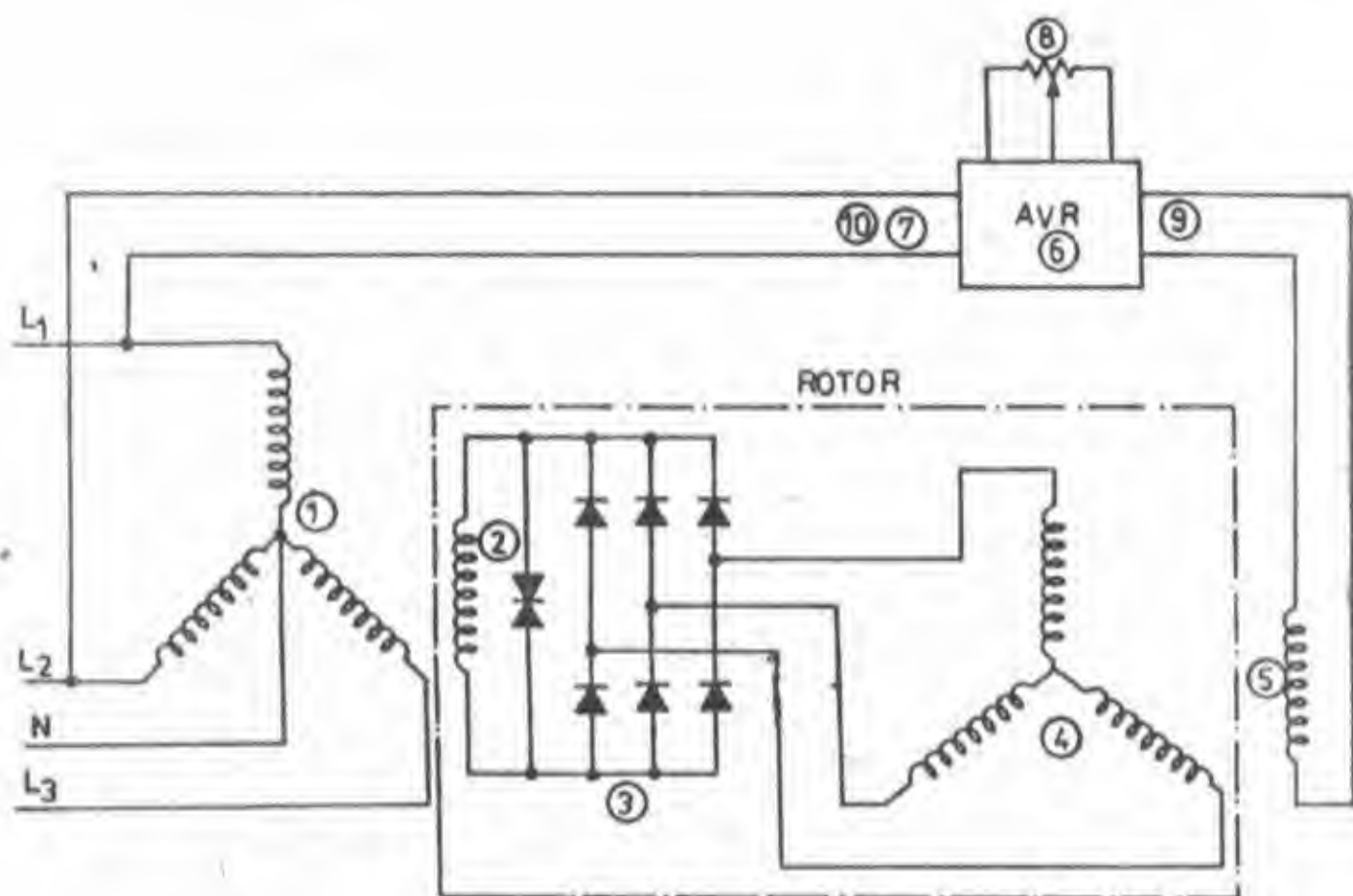
والشكل (١ - ٢٥) يبين دائرة المولدات التزامنية ذات التغذية الذاتية والمزودة بمنظم جهد AVR . ويتكون هذا النوع من المولدات من مولد تزامنى رئيسى Main Generator ، عضوه الدوار يحمل ملفات المجال الرئيسى (2) ، والعضو الثابت يحمل ملفات التيار المتردد الثلاثية الأوجة (1) ، ويثبت على نفس عمود الدوران مولد الإثارة Exiter وهو مولد تزامنى صغير ، وظيفته تغذية ملفات المجال الرئيسى للمولد الرئيسى ، ويتكون مولد الإثارة من عضو دوار يحمل ملفات التيار المتردد الثلاثية الأوجة (4) ، وعضو ثابت يحمل ملفات مجال مولد الإثارة 5 ، ويتم توحيد خرج مولد الإثارة الثلاثى الأوجه بواسطة ستة موححدات دوارة (أى مثبتة على عمود الإدارة (3) .

وعادة يتم التحكم فى جهد مجال مولد الإثارة بواسطة منظم الجهد (6) الذى يتم ضبطه على جهد المرجع المطلوب بواسطة مقاومة متغيرة (8) .

نظرية عمل المولد :

عند دوران الآلة المديرة (ماكينة الديزل) يتولد جهد صغير على أطراف ملفات التيار المتردد لمولد الإثارة نتيجة المغناطيسية المتبقية فى مجاله ، ويتم توحيد هذا

الخروج بواسطة الموحدات الدوارة لتغذية ملفات مجال المولد الرئيسي، ومن ثم ينتج خرج صغير على أطراف المولد الرئيسي.



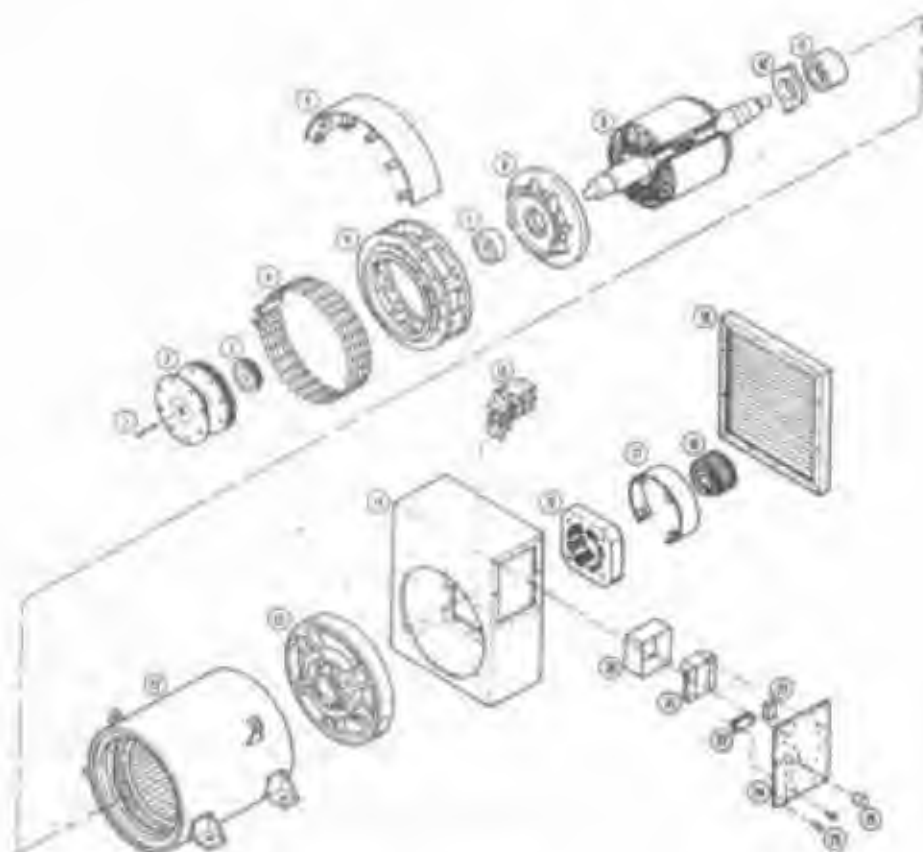
الشكل (١ - ٢٥)

ويقوم منظم الجهد AVR بمقارنة خرج المولد الرئيسي مع جهد المرجع المعايير عليه، فيجد أن جهد الخرج للمولد الرئيسي أقل بكثير من المطلوب، لذلك يقوم AVR بزيادة جهد ملفات مجال مولد الإثارة، وهذا بدوره سيؤدي لزيادة الجهد على أطراف ملفات التيار المتردد لمولد الإثارة، ويتم توحيد هذا الخرج وتغذية ملفات مجال المولد الرئيسي، ومن ثم يرتفع الجهد على أطراف المولد الرئيسي وهكذا وصولاً للجهد المطلوب، علماً بأن هذه العملية تتم بسرعة عالية؛ لذا فإن الجهد على أطراف المولد الرئيسي يصل إلى حالة الاستقرار بمجرد وصول ماكينة الديزل لسرعة التزامن.

والشكل (١ - ٢٦) يعرض أجزاء مولد تزامنى بتغذية ذاتية من إنتاج شركة Marthon Electric الأمريكية .

وفيما يلى أهم عناصر هذا الشكل :

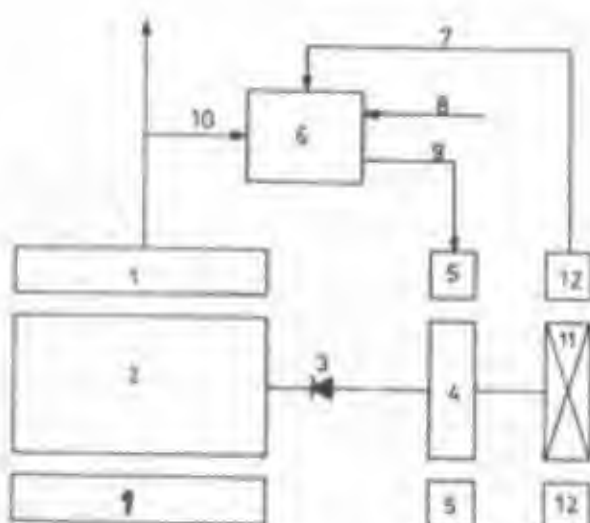
2	القرص المدير
3	فاصل
4	شبكة
5,17	غطاء
6	موافق حلقى
8	مروحة
9	العضو الدوار
10	غطاء كرسى محور
11	كرسى المحور
12	العضو الثابت
13	الغطاء الأمامى للعضو الثابت
14	صندوق توصيل
16	العضو الثابت لمولد الإثارة
18	العضو الدوار لمولد الإثارة
19	غطاء بفتحات تهوية لصندوق التوصيل
20	صندوق يوضع به منظم الجهد AVR



الشكل (٢٦ - ١)

٣ / ٩ / ١ - المولدات التزاممية ذات التغذية المنفصلة والمزودة بمنظم جهد

الشكل (٢٧ - ١) يبين المخطط الصندوقي لهذه المولدات



الشكل (١ - ٢٧)

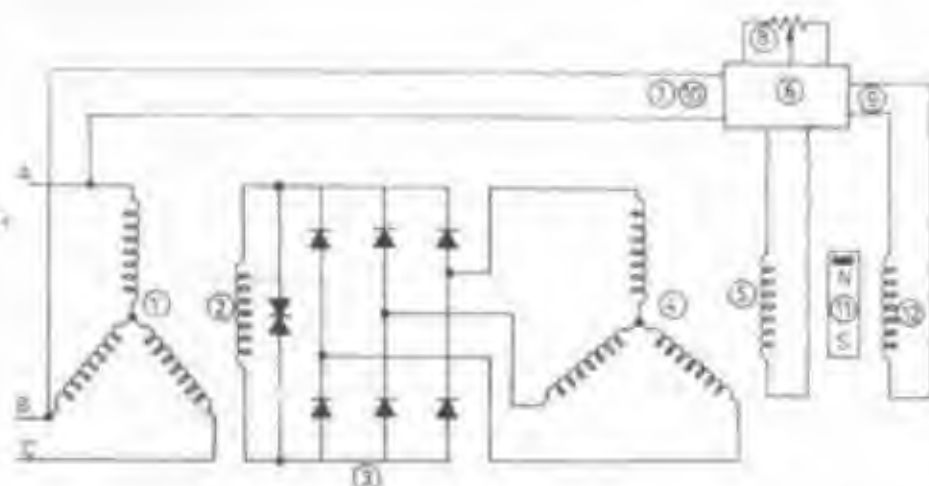
حيث إن :

- 1 العضو الثابت للمولد التزامنى الرئيسى
- 2 العضو الدوار للمولد التزامنى الرئيسى؛ ويحمل ملفات المجال
- 3 موحّدات دوارة
- 4 العضو الدوار لمولد الإثارة؛ ويحمل ملفات مجال مولد الإثارة
- 5 العضو الثابت لمولد الإثارة؛ ويحمل ملفات التيار المتردد الثلاثى الوجه
- 6 الدائرة الإلكترونية لمنظم الجهد AVR
- 7 تغذية القدرة الكهربائية
- 8 جهد المرجع
- 9 خرج AVR

مغناطيس دائم لمولد التزامنى أحادى الوجه

ملفات التيار المتردد للمولد ذات المغناطيس الدائم PMG

والشكل (١ - ٢٨) يبين دائرة المولدات التزامنية ذات التغذية المنفصلة.



الشكل (١ - ٢٨)

نظرية عمل المولد :

عند دوران ماكينة الديزل يقوم المولد التزامنى الأحادى الوجه بى المغناطيس الدائم PMG بتوليد جهد على أطرافه (12)، وهذا الجهد يقوم بتغذية الدائرة الإلكترونية لمنظم الجهد AVR (6)، ويقوم AVR بدوره بتغذية ملفات مجال مولد الإثارة (5) بالجهد اللازم للوصول للمخرج المطلوب للمولد الرئيسى، وبالتالي يتولد جهد على أطراف ملفات التيار المتردد لمولد الإثارة (4)، ويتم توصيل هذا الجهد بواسطة الموحدات الدوارة (3)، ثم تغذية ملف مجال المولد الرئيسى (2)، ومن ثم

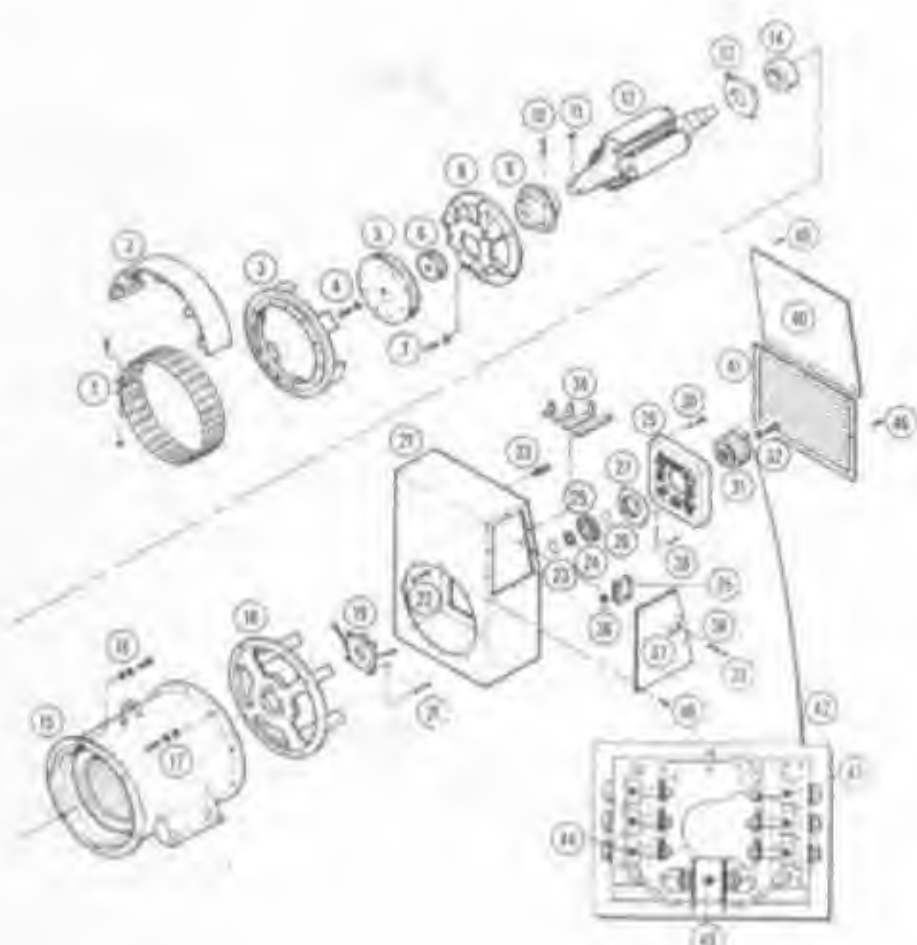
يتولد جهد على أطراف ملفات التيار المتردد للمولد الرئيسي (1) يتناسب مع تيار مجال المولد الرئيسي، ويقوم منظم الجهد (6)، بقياس جهد أطراف المولد الرئيسي، ومن ثم تعدل جهد أطراف مجال مولد الإثارة للوصول للجهد المطلوب على أطراف المولد الرئيسي، والذي يقابل جهد المرجع الذي تم ضبطه بواسطة المقاومة المتغيرة (8) للموصلة مع AVR، علماً بأن ذلك يتم في لحظات.

والشكل (١ - ٢٩) يعرض أجزاء مولد تزامني بشغذية منفصلة من إنتاج شركة Marthon Electric.

حيث إن:

1	شبكة
2	غطاء
3	موافق حلقى
5	قرص الإدارة
6	مواصل
8	مروحة
9	الهاب
12	مجموعة العضو الدوار
14	الكمرسي الأمامي
15	حسم العضو الثابت
18	موافق أمامي
21	صندوق أطراف التوصيل
25	العضو الدوار للمولد PMG
27	العضو الثابت لمولد PMG
29	العضو الثابت لمولد الإثارة

31	العضو الدوار لمولد الإثارة
35	منظم الجهد
36	مكشف
37	غطاء جانبي لصندوق التوصيل
40	غطاء مصمت
41	غطاء بفتحات للتهوية
43	موحداث فوارة
45	محمد قفقات جهد



الشكل (١ - ٢٩)

والحد من الأضرار الناتجة عن المولدات الدوارة Rotating Diodes والمثبتة على عمود الإدارة الرئيسي لهذه المولدات يتم حمايتها بواسطة مخمد قفزات الجهد Surge Suppressor، حيث إن هذا العنصر يكون له مقاومة كبيرة جداً أثناء التشغيل العادي، ولكن عند حدوث تغير كبير في الحمل تتولد قوة دافعة كهربية عالية على أطراف المجال الرئيسي، أي على أطراف المولدات الدوارة (لأن المولد يعمل في هذه الحالة كما لو كان محولاً) فيعمل مخمد قفزات الجهد كمقاومة صغيرة قادرة على تشتيت هذه الطاقة العالية الموجودة في ملفات المجال، وبالتالي يعود جهد المجال بقيمته المقتنة مرة أخرى، وفي حالة عدم استخدام مخمد قفزات الجهد، فإن المولدات يمكن أن تلتف عند التغير الكبير في الأحمال نتيجة لتشتت الطاقة العالية المتولدة على أطراف ملف المجال الرئيسي عبر هذه المولدات.

١/ ٧ - حماية المولدات التزامنية من الظروف البيئية

إن ارتفاع رطوبة الجو تؤدي إلى حدوث تكاثف للماء على ملفات المولد مما يقلل من عزل المولد وتسرع من انهياره، ومن أجل تجنب تكاثف بخار الماء تزود بعض المولدات بسخان لمنع التكاثف حيث يقوم هذا السخان برفع درجة حرارة المولد بدرجات قليلة عن حرارة الجو، مما يمنع من تكاثف البخار على ملفات المولد.

وأيضاً يجب حماية المولدات التزامنية من دخول قطرات الماء عند نزول الأمطار داخل المولدات العاملة بالعرء، من أجل ذلك تكون فتحات التهوية مائلة لمنع دخول قطرات الماء المتساقطة بزاوية 60° على الرأس Drip-proof Louvers، وتضم هذه الفتحات لمنع دخول قطرات المطر المتساقطة داخل المولد.

وأيضاً يجب حماية المولدات العاملة في العراء من دخول الأتربة الناعمة بداخلها، لأن هذه الأتربة يمكن أن تتسبب بفعل رطوبة الجو على ملفات المولد، فتقلل من جودة عزل الملفات وتسرع من انهيار عزل الملفات؛ لذلك تزود هذه المولدات بمرشح للهواء يوضع عند فتحات التهوية لمنع دخول الأتربة الناعمة والرمال داخل المولد.

+

الباب الثانى

أجهزة القياس الكهربائية

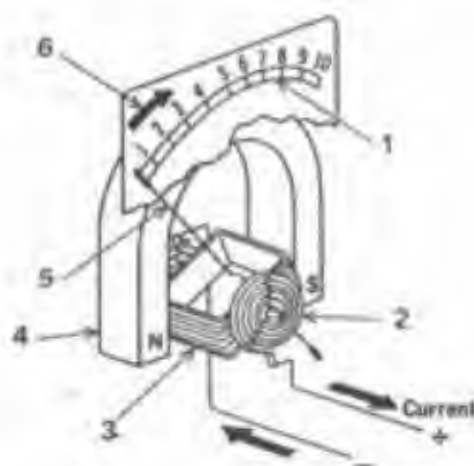
أجهزة القياس الكهربائية

٢ / ١ - التصميمات المختلفة لأجهزة القياس

يمكن تقسيم أجهزة القياس حسب تصميمها إلى:

- ١ - أجهزة قياس بملف متحرك Moving coil instruments.
 - ٢ - أجهزة قياس بقلب حديدي متحرك Moving iron instruments.
 - ٣ - أجهزة قياس كهروديناميكية Electrodynamic instrument.
 - ٤ - أجهزة قياس حثية Induction instruments.
 - ٥ - أجهزة قياس اهتزازية Vibrating instruments.
- ٢ / ١ / ١ - أجهزة القياس ذات الملف المتحرك

الشكل (٢ - ١) يعرض نموذجاً لجهاز قياس بملف متحرك.



الشكل (٢ - ١)

- 1 تدريج
- 2 باى ومختار دوران
- 3 ملف كهربي
- 4 مغناطيس دائم على شكل خذاء القرص
- 5 مؤشر
- 6 اتجاه حركة المؤشر

نظرية العمل :

فعند مرور تيار كهربي مستمر في الملف الكهربي 3 يتولد مجال مغناطيسي متناسب شدته مع شدة التيار المار، ويحدث تأثير متبادل بين المجال المغناطيسي للملف الكهربي والمجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم 4، ويتولد عزم دوران يعمل على إدارة الملف الكهربي، ومن ثم يدور المؤشر وعند تساوى عزم الدوران الناتج عن تداخل المجالات المغناطيسية مع العزم المعاكس الناتج عن الباي 5 يتوقف المؤشر عند القراءة المقابلة لشدة التيار.

ونستخدم أجهزة القياس ذات الملف المتحرك كأجهزة أميتر، أو أجهزة فولتمتر تيار مستمر، وكذلك يمكن استخدامها كأجهزة أميتر أو فولتمتر تيار متردد بتوصيلها مع موحد Diode.

٢ / ١ / ٢ - أجهزة القياس ذات القلب الحديدي المتحرك

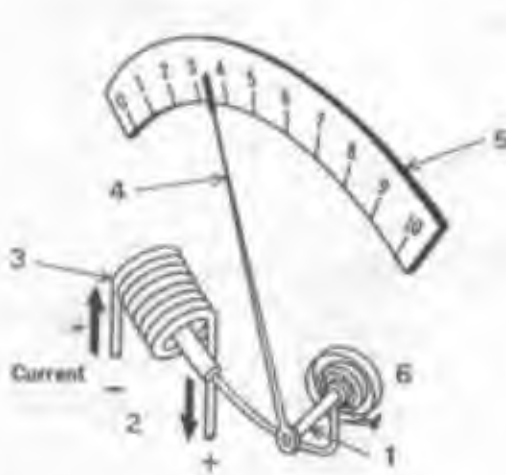
وتنقسم هذه الأجهزة إلى نوعين أساسين وهما :

- النوع التجاذبي ، - النوع التنافري .

أولاً : النوع التجاذبي

الشكل (٢ - ٢) يعرض نموذجاً مبسطاً لجهاز قياس ذو قلب حديدي متحرك من النوع التجاذبي .

حيث إن:



- | | |
|---|-------------------|
| 1 | محور دوران المؤشر |
| 2 | قلب مغناطيسي |
| 3 | ملف كهربى |
| 4 | مؤشر |
| 5 | تدريج |
| 6 | بأى |

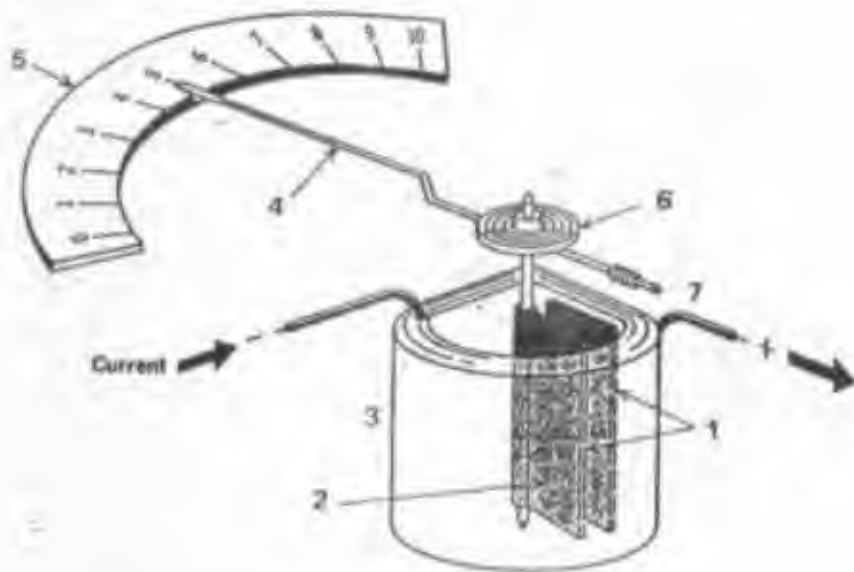
الشكل (٢ - ٢)

نظرية العمل:

عند مرور تيار كهربى فى الملف 2 يتولد مجال مغناطيسى قادر على جذب القلب المغناطيسى 2، فيتحرك المؤشر على التدريج وبمقتضى عزم الانحراف المؤشر مع مربع التيار المار، وعند تساوى عزم الانحراف مع العزم المعاكس والناجى عن البأى 6 يتوقف المؤشر عند القراءة المقابلة للتيار أو الجهد المسلط على ملف الجهاز. وبمجرد انقطاع التيار الكهربى عن ملف الجهاز يعود المؤشر إلى صفر التدريج بفعل وجود البأى 6.

ثانياً: النوع التفاضلى:

الشكل (٢ - ٣) يعرض نموذجاً لجهاز قياس بقلب مغناطيسى حديدى متحرك من النوع التفاضلى.



الشكل (٢ - ٣)

حيث إن:

- 1 مروحتان من الحديد المطاوع أحدهما ثابتة والأخرى دوارة
- 2 مروحة متحركة ومثبتة على محور دوران مؤشر الجهاز
- 3 ملف كهربي
- 4 المؤشر
- 5 التدريج
- 6 باي مثبت في محور الارتكاز
- 7 ثقل معاكس لتحديد حركة المؤشر

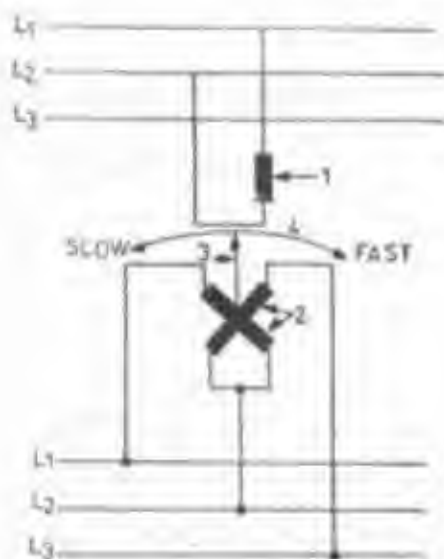
نظرية العمل:

عندما يمر تيار في الملف الكهربي للجهاز ينشأ أقطاب مغناطيسية متشابهة القطبية في كل من المروحتين الثابتة والمتحركة، وبالتالي تنشأ بينهما قوة تنافرة ونتيجة لقوة التنافر فإن المروحة تتحرك مستعانة عن المروحة الأخرى الثابتة ويتحرك

معها المؤشر بحيث تكون حركة المؤشر معبرة عن التيار أو الجهد المقاس، وعزم الانحراف للمؤشر يتناسب طردياً مع مربع التيار المار في ملف الجهاز، وعند انقطاع التيار الكهربى عن ملف الجهاز فإن المروحتين تفقدان مغناطيسيتهما ويعود المؤشر إلى صفر التدريج بفعل وجود الباي.

وعادة تستخدم الأجهزة ذات القلب الحديدي كأجهزة أميتر وفولتميتر، وكذلك كأجهزة توافق (سينكروسكوب) Synchroscope.

والشكل (٢ - ٤) يعرض تركيب جهاز التوافق، ويتركب جهاز التوافق من ملف ثابت (1)، وملفين متحركين (2) يعملان معاً زاوية 120° ، ومثبتان مع القلب الحديدي والمؤشر (3) على محور الدوران، وللمجهاز تدريج (4) مدون عليه Fast أى سريع وايضاً Slow أى بطئ.



الشكل (٢ - ٤)

نظرية عمل جهاز التوافق A

يوصل طرفاً الملف الثابت (1) بالشبكة، ويوصل أطراف الملفين المتحركين مع المولد المطلوب إدخاله على الشبكة، وبذلك يتولد ثلاثة مجالات مغناطيسية للملف

الثابت، والملقن المتحركين وينشأ مجال المغناطيسي محصل، وهناك ثلاثة حالات وهم كما يلي:

١ - تساوى تردد الشبكتين مع عدم وجود اتفاق وجهي بينهما، فإن المؤشر يتحرك بزاوية في أحد الاتجاهين ويثبت.

٢ - عندما يكون التردد غير متساوي يحدث دوران للمؤشر في اتجاه عقارب الساعة إذا كان المولد الداخل أسرع First والعكس بالعكس.

٣ - عند تساوى التردد مع وجود اتفاق وجهي فإن المؤشر يثبت عند الوضع العمودي.

مميزات أجهزة القياس ذات القلب الحديدى:

١ - انخفاض السعر.

٢ - تحملها التيارات الزائدة.

٣ - استخدامها في قياسات التيار المستمر والمتردد.

عيوب أجهزة القياس ذات القلب الحديدى:

١ - انخفاض دقة الجهاز.

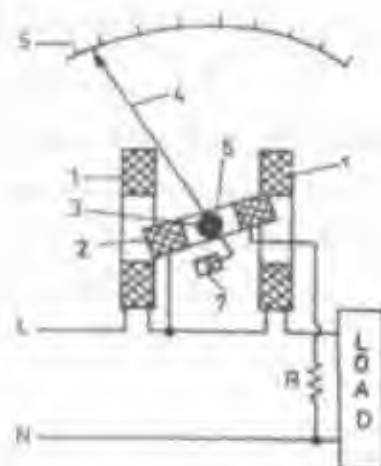
٢ - عدم انتظام التدرج.

٣ - تأثرها بتغير التردد.

٢ / ١ / ٣ - أجهزة القياس الكهروديناميكية

عادة تستخدم هذه الأجهزة كأجهزة قياس للقوة. والشكل (٢ - ٥) يعرض

تركيب جهاز قياس قدرة أحادى الوجة من النوع الكهروديناميكي.



الشكل (٢ - ٥)

حيث إن:

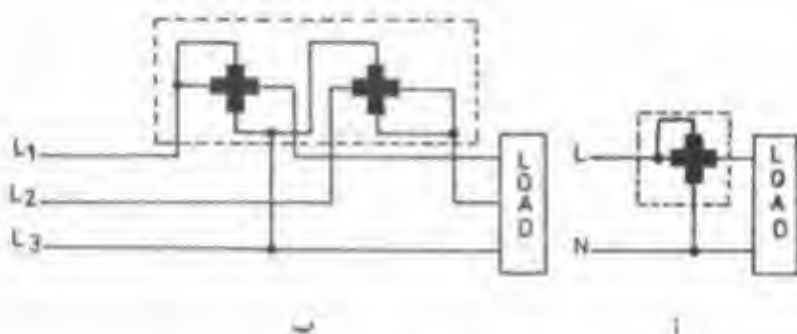
- 1 ملف ثابت يتكون من جزئين متماثلين بقلب هوائي ويعمل كملف تيار
- 2 ملف متحرك ويعمل كملف جهد
- 3 محور دوران المؤشر
- 4 المؤشر
- 5 التدرج
- 6 باى
- 7 اسطوانة يمكن عمل على تخميد حركة المؤشر
- R مقاومة كبيرة لتقليل التيار المار في الملف المتحرك
- LOAD الحمل

نظرية العمل:

عند توصيل الملفات بالتيار الكهربائي يتولد مجال مغناطيسي لكل الملفين، ويتناسب المجال المغناطيسي للملف الثابت مع التيار، في حين يتناسب المجال المغناطيسي للملف المتحرك مع جهد الدائرة، وبسبب ذلك عزم دوران يجعل الملف المتحرك يدور، وعند تساوى عزم الدوران مع عزم التحكم الناتج عن وجود الباي 6،

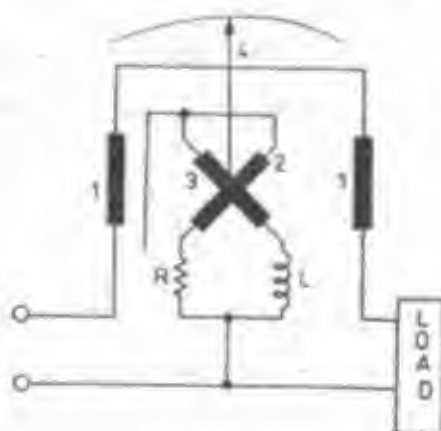
يتوقف المؤشر عند القراءة المقابلة للقدرة المستهلكة للحمل، وبمجرد فصل جهاز قياس القدرة عن الحمل يعود المؤشر للصفر مرة أخرى.

والجدير بالذكر أن جهاز قياس القدرة الثلاثي الوجه يتكون داخلياً من جهازى قياس قدرة وجه واحد، حيث يثبت الملفان المتحركان على عمود دوران الجهاز. والشكل (٢ - ٦) يعرض دائرة جهاز قياس قدرة أحادى الوجه (الشكل ١)، ودائرة جهاز قياسى قدرة ثلاثى الوجه (الشكل ب).



الشكل (٢ - ٦)

والشكل (٢ - ٧) يعرض تركيب جهاز قياس معامل القدرة الكهرو ديناميكي.



الشكل (٢ - ٧)

ويتركب من:

I	ملف ثابت
2,3	ملفان متحركان متعامدان معاً
4	مؤشر
5	تدريج
R	مقاومة كبيرة
L	معاوقة حثية كبيرة

نظرية العمل:

نظراً لتوصيل معاوقة حثية L ، مع الملف 2، فإن التيار المار في هذا الملف سيكون متأخراً عن الجهد بزاوية 90° في حين يصبح التيار المار في الملف 3 متقدماً في الوجه مع الجهد لتوصيل مقاومة عادية R معه. وعند مرور تيار كهربى في الملفات 1، 2، 3 ينتج عزم دوران ناشئ عن تفاعل مجال الملف الثابت 1، والمجال المغناطيسى للملف 2، وينشأ عزم معاكس نتيجة لتفاعل المجال المغناطيسى للملف الثابت 1، والمجال المغناطيسى للملف 3، ويتحرك المؤشر في اتجاه العزم المحصل يتناسب مع زاوية الوجه بين الجهد والتيار. وعادة تعمل هذه الأجهزة عند تردد معين لأن تغير التردد يغير من قراءة الجهاز.

والجدير بالذكر انه لا يوجد باى بالجهاز؛ لذلك فإن الجهاز لا يعود لوضعه الأول بعد قطع التيار الكهربى عن الجهاز.

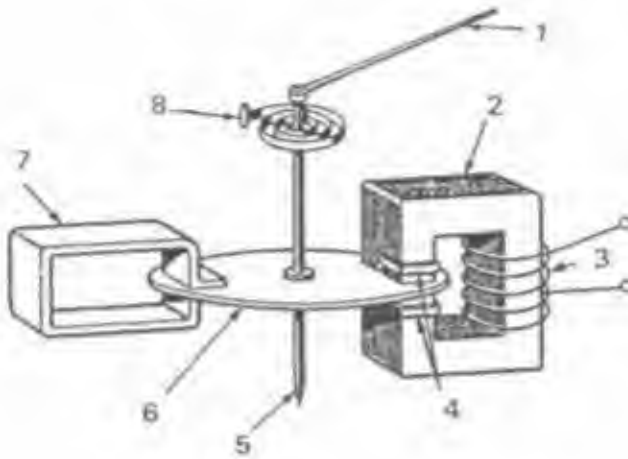
مميزات الأجهزة الكهروديناميكية:

- ١ - تستخدم في دوائر التيار المستمر والتيار المتردد.
- ٢ - لها دقة عالية.

عيوب الأجهزة الكهروديناميكية:

- ١ - يتأثر بالمجالات الشاردة.
- ٢ - زيادة القدرة المستهلكة في ملفاتها.
- ٣ - ارتفاع سعرها.

الشكل (٢ - ٨) يعرض تركيب جهاز قياس حثي.



الشكل (٢ - ٨)

حيث إن :

1	مؤشر	5	محور ارتكاز
2	قلب مغناطيسي	6	قرص من الألومنيوم
3	ملف كهربى	7	مغناطيس دائم لتحديد حركة القرص
4	حلقة من النحاس	8	بى

نظرية العمل.

عند مرور التيار الكهربى فى الملف 3 مجال مغناطيسى أساسى، وعندما يقطع هذا المجال الحلقات النحاسية يتولد مجالاً مغناطيسياً آخر يالحث متأخر عن المجال الأول بزاوية 45° ، وينتج عن تفاعل هذين المجالين عزم دوار للقرص 6، ويتوقف القرص عند تساوى عزم الدوران والعزم المعاكس الناتج عن البى 8، وذلك عند القيمة المقابلة للتيار المار فى الملف 3. أما المغناطيس الدائم 7 فيعمل على تحديد

حركة القرص ومنع ذبذبته، ومن ثم منع ذبذبة المؤشر أثناء حركته.

مميزات أجهزة القياس الحثية:

١ - عدم التأثير بالمجالات الشاردة لقوة مجالاتها.

٢ - متانة هذه الأجهزة.

٣ - تحملها للتيارات الزائدة عن مقننها.

٤ - طول عمرها.

عيوب أجهزة القياس الحثية:

١ - تستخدم في قياسات التيار المتردد فقط.

٢ - عدم انتظام تدريجها.

٣ - زيادة الخطأ عند التيارات الصغيرة وزيادة فقد القدرة الكهربائية فيها.

٤ - تغير دقتها مع تغير درجة حرارتها.

٥ - ارتفاع سعرها.

٥ / ١ / ٢ - الأجهزة الاهتزازية

تستخدم هذه الأجهزة في قياس التردد.

والشكل (٢ - ٩) يعرض نموذجاً لهذه الأجهزة.

حيث إن:

- | | |
|---|-----------------------------|
| ١ | ملف كهربى |
| ٢ | عضو استنتاج من الصلب |
| ٣ | قضيب معدنى |
| ٤ | شرائح فولاذية بأطوال مختلفة |
| ٥ | بإى |
| ٦ | قلب مغناطيسى على شكل U |



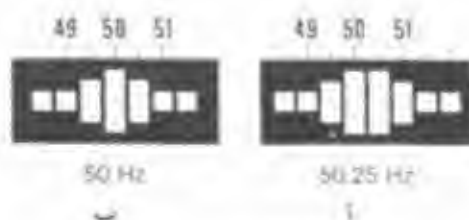
الشكل (٢ - ٩)

نظرية عمل الجهاز:

عند توصيل الملف ١ بالمصدر الكهربائي المتردد يصبح القلب المغناطيسي الذي على شكل U (6) كمغناطيس كهربائي، فيحدث تفاعلًا وتنافرًا بين القلب المغناطيسي ١ وعضو الاستنتاج 2 بتردد يساوي تردد المصدر الكهربائي، وتنتقل هذه الاهتزازات إلى القضيب المعدني 3، ومن ثم تنتقل هذه الاهتزازات إلى الشرائح الفولاذية 4، ويكون اهتزاز الشريحة التي لها ترددًا طبيعيًا مساويًا لتردد المصدر أكبر ما يمكن.

والجدير بالذكر أن الشرائح الفولاذية مثبتة من أحد جانبيها في القضيب المعدني 3، وحررة من الجانب الآخر ويدهن الجانب الحر للشرائح الفولاذية باللون الأبيض.

والشكل (٢ - ١٠) يعرض شكل الريش المهشمة عند ترددتين مختلفتين، (فالشكل ١) عند تردد 50.25Hz، (والشكل ب) عند تردد 50Hz تمامًا.



الشكل (٢ - ١٠)

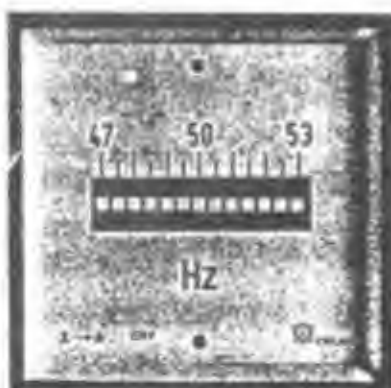
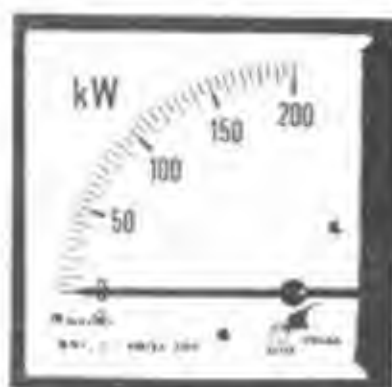
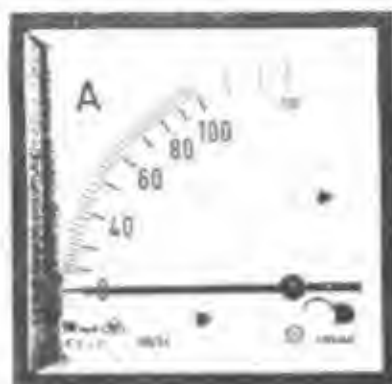
٢ / ٢ - أجهزة القياس الكهربائية المستخدمة مع المولدات التزامنية

يوجد العديد من أجهزة القياس الكهربائية المستخدمة مع المولدات التزامنية مثل :

- ١ - أجهزة الفولتميترات (V).
- ٢ - أجهزة الأميترات (A).
- ٣ - أجهزة قياس القدرة الفعالة وغير الفعالة (KVA_r, KW).
- ٤ - جهاز معامل القدرة (COS ϕ).
- ٥ - أجهزة قياس التردد (HZ).
- ٦ - أجهزة قياس ساعات التشغيل (H).
- ٧ - السينكروميكروب (جهاز التوافق).

والشكل (٢ - ١١) يعرض ستة أنواع من الأجهزة المستخدمة مع المولدات التزامنية والمصنعة بشركة CELSA الإسبانية وهم :

- جهاز فولتميتر (أ).
- جهاز أميتر (ب).
- جهاز قياس قدرة غير فعالة (ج).
- جهاز قياس قدرة فعالة (د).
- جهاز معامل قدرة (هـ).
- جهاز قياس تردد (و).



الشكل (٣ - ١١)

والشكل (٢ - ١٢) يعرض مجموعة التزامن وتشكون من:

جهاز فولتمتر مزدوج - جهاز قياسى تردد مزدوج - جهاز سينكروسكوب ،
ومن أجل توصيل مولدين على التوازي يجب تحقق الشروط التالية :

١ - تساوى جهد المولدين .

٢ - تساوى تردد المولدين .

٣ - اتفاق الاختلاف الوجهى
للمولدين .

ويمكن التأكد من تحقق هذه الشروط
بمجموعة التزامن المعروضة فى الشكل
(٢ - ١٢) .

والجدير بالذكر أن أجهزة القياس
تتواجد بثلاثة مقاسات وهم :
(72x72) أو (96x96) أو (144x144)
وهذه الأبعاد بالمليمتر .

والشكل (٢ - ١٣) يعرض رموز
التصميمات المختلفة لأجهزة القياس تبعاً
للمواصفات الألمانية DIN 43802 .



الشكل (٢ - ١٢)



الشكل (٢- ١٣)

حيث إن:

- 1 جهاز كهرو ديناميكي بقلب معدني
- 2 جهاز كهرو ديناميكي بقلب هوائي
- 3 جهاز كهرو ديناميكي تناسبي بقلب هوائي
- 4 جهاز استنتاجي
- 5 جهاز استنتاجي تناسبي
- 6 جهاز كهرومستاتيكي
- 7 جهاز برش مهتره
- 8 جهاز بملف متحرك
- 9 جهاز بملف متحرك وموحد
- 10 جهاز بملف متحرك تناسبي
- 11 جهاز بقلب حديدى متحرك
- 12 جهاز بقلب حديدى متحرك وتناسبي

والشكل (٢ - ١٤) يعرض الأوضاع القياسية لأجهزة القياس وجهد الاختبار
 لأجهزة القياس تبعاً للمواصفات الألمانية DIN 43802.

حيث إن:

- | | | | |
|---|---------------------------|---|-------------------------------------|
| 4 | جهد الاختبار 500V | 1 | وضع التشغيل رأسى |
| 5 | جهد الاختبار أكبر من 500V | 2 | وضع التشغيل أفقى |
| 6 | لا يختبر بأى جهد | 3 | وضع التشغيل على زاوية 60° مع الأفقى |



الشكل (٢ - ١٤)

٢ / ٣ - محولات التيار Current transformers

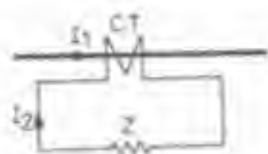
نستخدم محولات التيار مع أجهزة القياس وكذلك مع ريلبيات الحماية. وينصح عادة باستخدام محولات التيار فى القياس أو الحماية عندما يزيد التيار عن 40A، ويوجد عدة مصطلحات فنية بكثرة استخدامها مع محولات التيار مثل:

- الحمل المقتن Rated burden ويكون له معامل قدرة 0.8.
- نسبة تحويل محول التيار Current ratio. وهى النسبة بين تيار الملف الابتدائى I₁ إلى تيار الملف الثانوى I₂.

$$K_c = \frac{I_1}{I_2} \rightarrow 2.1$$

القدرة المقننة Rated Power

وهي حاصل ضرب مربع التيار الثانوي في معاوقة الحمل المقنن.
والشكل (٢ - ١٥) يبين طريقة توصيل الأحمال مع محولات ليار.



الشكل (٢ - ١٥)

وفيما يلي العلاقة بين القدرة المقننة لمحول التيار S ، والتيار الثانوي I_2 ومعاوقة الحمل (Z) burden)

$$S = I_2^2 Z \text{ (VA)} \rightarrow 2.2$$

الفهم Class

يعرف الفهم الذي ينتمي إليه محول التيار بأنه النسبة المئوية المئوية للمخطأ المتوقع عند ظروف معينة ويساوي:

$$\text{Error\%} = \frac{I_2 K_c - I_1}{I_1} \times 100 \rightarrow 2.3$$

حيث إن

I_1	النسبة المئوية للمخطأ	تيار الأبتدائي لمحول التيار
I_2	نسبة تحويل محول التيار	تيار ثانوي لمحول التيار
K_c		

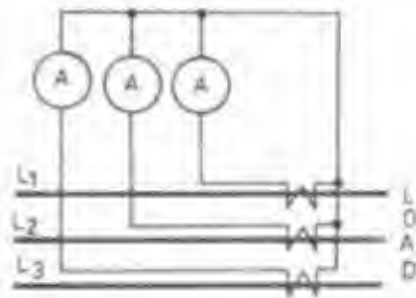
ويوجد ثلاثة أقسام محولات التيار وهم :

القسم (1) : يستخدم مع أجهزة قياس Kwh (الكيلو وات ساعة) .

القسم (2) : يستخدم مع أجهزة القياس المختلفة .

القسم (3) : يستخدم مع الريليهاث المختلفة .

والشكل (٢ - ١٦) يبين طريقة استخدام ثلاثة محولات تيار لقياس تيار الأوجه المختلفة لحمل ثلاثي الوجة .

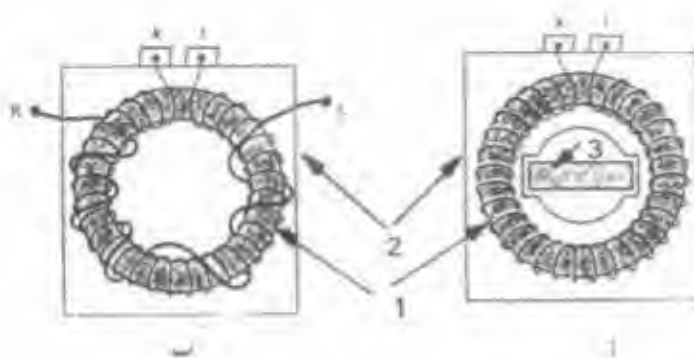


الشكل (٢ - ١٦)

ويمكن تقسيم محولات التيار تبعاً لتركيبتها إلى نوعين موضحين بالشكل (٢ - ١٧) وهما كالآتي :

١ - محول تيار نوع الشباك Window type (الشكل أ) .

٢ - محول تيار من النوع الملفوف Wound-Primary (الشكل ب) .



الشكل (٢ - ١٧)

حيث إن:

1	القلب المغناطيسي	جسم المحول	2
R, L	أطراف الملف الثانوي	القضيب النحاسي الذي يمر به التيار	3
K, L	أطراف الملف الابتدائي		

وعادة يتم توصيل جميع أجهزة القياس أو أجهزة الحماية على التوالي مع ثانوي المحول، بحيث تكون مجموع القدرات المستهلكة لهذه الأجهزة لا يتعدى القدرة المقننة لمحول التيار، والا يصل محول التيار لحالة التشبع فيحدث خطأ كبيراً في نسبة تحويل المحول.

وفيما يلي السعات المقننة لمحولات التيار الموجودة بالأسواق بالقولت أمبير

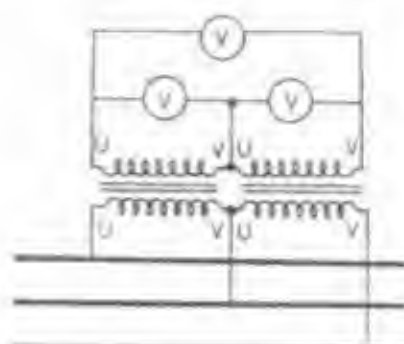
[1, 1.5, 2.2, 5, 5, 10, 15, 30, 60] VA

أما التيار المقنن (تيار الثانوي) لمحولات التيار عادة تساوي 1A أو 5A أو 10A.

٢ / ٤ - محولات الجهد Voltage transformers

محولات الجهد هي محولات متخفضة القدرة، وتعمل عادة عند اللاحمل وتقوم بتخفيض الجهد حتى يناسب مقننات أجهزة القياس المختلفة وريليات الوقاية. وعادة يكون جهد ثانوي محولات الجهد 100V أو 110V أو 120V وجهد ابتدائي محولات الجهد يكون أحد الجهود التالية (100, 110, 220, 380, 400, 500, 600, 1000V).

والشكل (٢ - ١٨) يبين طريقة توصيل محولات جهد مع خرج المولد لقياس جهود الأوجه المختلفة.



الشكل (٢ - ١٨)

- وفيما يلي أهم المصطلحات الفنية المستخدمة مع محولات الجهد:
- الحمل المقتنى Rated burden ويكون له معامل قدره 0.8.
- نسبة تحويل محول الجهد Voltage ratio.
- وهي النسبة بين جهد الابتدائي V_1 وجهد الثانوي V_2 ويساوي:

$$Kv = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow 2.4 \quad \text{القدرة المقتنى Rated Power}$$

وهي حاصل قسمة مربع جهد الثانوي V_2 على معاوقة الحمل المقتنى Z .

$$S = \frac{V_2^2}{Z} \rightarrow 2.5 \quad \text{القسم Class}$$

يعرف القسم الذي ينتمي إليه محول الجهد بأنه النسبة المئوية للخطأ المتوقع عند ظروف معبئة ويساوي:

$$\text{Error\%} = \frac{V_1 Kv - V_1}{V_1} \times 100 \rightarrow 2.6$$

حيث إن :

V_1	جهد الابتدائي لمحول الجهد
V_2	جهد الثانوي لمحول الجهد
K_v	نسبة التحويل وتساوي $\frac{V_1}{V_2}$

٢ / ٥ - أجهزة القياس والمرسلات لماكينات الديزل

عادة تستخدم مجموعة من أجهزة القياس مع ماكينات الديزل وجميع هذه الأجهزة تكون بملف متحرك مثل :

- ١ - جهاز قياس ضغط الزيت .
- ٢ - جهاز قياس درجة حرارة الماء .
- ٣ - جهاز قياس جهد البطارية .
- ٤ - جهاز قياس سرعة الماكينة .
- ٥ - جهاز قياس درجة حرارة الزيت .
- ٦ - جهاز قياس تيار شحن البطارية .
- ٧ - عداد قياس ساعات التشغيل .
- ٨ - جهاز قياس مستوى الوقود في الخزان .



الشكل (٢ - ١٩)

والشكل (٢ - ٢٠) يعرض عدة نماذج لأجهزة القياس المستخدمة مع ماكينات الديزل وهم كما يلي:

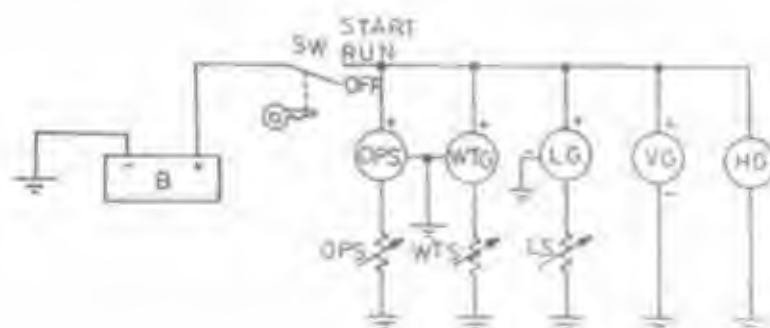
- جهاز قياس ضغط الزيت (الشكل أ).
- جهاز قياس درجة الحرارة (الشكل ب).
- جهاز قياس جهد البطارية (الشكل ج).
- عداد ساعات التشغيل (الشكل د).
- جهاز قياس سرعة الماكينة (الشكل هـ).
- جهاز قياس مستوى الوقود في الخزان (الشكل و).

والجدير بالذكر أن هذه الأجهزة تحتاج لمرسلات Senders يتم تثبيتها في الماكينة،

ويتم توصيلها مع هذه الأجهزة. والمرسلات هي مقاومات متغيرة تتغير قيمتها تبعاً للمكبنة المقاسة، فمثلاً: يوجد مرسل ضغط زيت يستخدم مع جهاز قياس ضغط الزيت، ويوجد أيضاً مرسل درجة حرارة الماء يستخدم مع جهاز قياس درجة حرارة الماء. ويوجد مرسل سرعة يستخدم مع جهاز قياس السرعة. ويوجد مرسل مستوى الوقود يستخدم مع جهاز قياس مستوى الوقود، أما جهاز قياس جهد البطارية أو جهاز قياس تيار شحن البطارية أوعداد ساعات التشغيل فلا نحتاج لمرسلات.

ويوجد بعض أنواع من المرسلات والمفاتيح في آن واحد، وتكون مزودة بنقطتين أحدهما للمرسل، والثانية للمفتاح ونقطة المرسل يتم توصيلها مع جهاز القياس، في حين أن نقطة المفتاح يتم توصيلها مع وحدة التحكم الإلكترونية في المكبنة ECU كما سيوضح فيما بعد.

والشكل (٢ - ٢٠) يعرض مخطط توصيل جهاز قياس ضغط الزيت وجهاز قياس درجة حرارة الماء وجهاز قياس جهد البطارية وجهاز قياس مستوى الوقود في المحرك مع المرسلات.



الشكل (٢ - ٢٠)

حيث إن:

VG	جهاز قياس جهد البطارية
WTG	جهاز قياس درجة حرارة الماء
LG	جهاز قياس مستوى الوقود
OPG	جهاز قياس ضغط الزيت
HG	عداد ساعات التشغيل
WTS	مرسل درجة حرارة الماء
OPS	مرسل ضغط الزيت
LS	مرسل مستوى الوقود
B	البطارية
SW	مفتاح البدء والتشغيل

وعادة يستخدم محس سرعة Magnetic Pick Up، مع ماسكينات الديزل المستخدمة في إدارة المولدات، وهو عبارة عن ملف كهربي مثبت على جسم الماكينة، ويكون في مقابلة الطارة الخدافة Fly Wheel، والتي تكون حسنة بعدد من الأسنان، يتراوح ما بين ستة، (46-100) وعند دوران الماكينة يتولد جهد متردد في ملف المحس تردده يساوي:

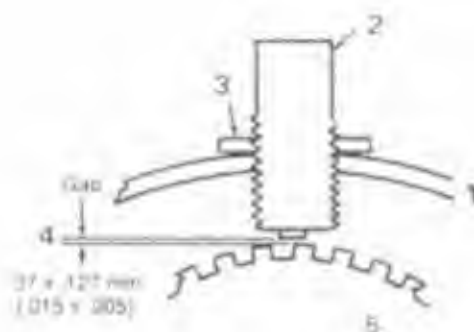
$$F = \frac{n \times N}{60} \text{ HZ} \rightarrow 2.7$$

n	عدد أسنان الطارة الخدافة
N	سرعة دوران الماكينة باللفة / دقيقة
F	التردد بالهيرتز

والشكل (٢ - ٢١) يوضح طريقة تثبيت محس السرعة في جسم الماكينة.

حيث إن:

- | | |
|---|---|
| 1 | جسم الماكينة |
| 2 | محس السرعة |
| 3 | وردة |
| 4 | فجوة هوائية تتراوح ما بين $(0.37 \pm 0.127 \text{ mm})$ |
| 5 | مطار حذافة |



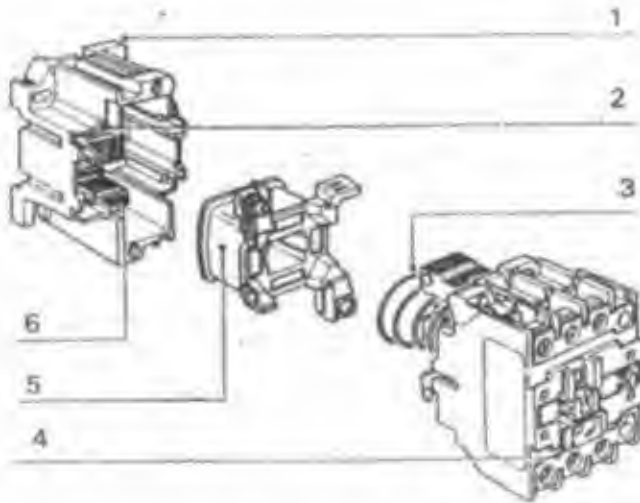
الشكل (٢ - ٢١)

الباب الثالث
دوائر التحكم التقليدية

دوائر التحكم التقليدية

٣ / ١ - المفاتيح الكهرومغناطيسية Electromagnetic switches

يتكون المفتاح الكهرومغناطيسي بصفة عامة من قلب مغناطيسي مصنوع من رقائق من الصلب السليكوني المعزولة؛ علماً بأن هذا القلب مشقوق لشقين أحدهما ثابت، والآخر متحرك، ويوجد حول الشق الثابت ملف كهربي، أما الشق المتحرك فيحمل ريش التلامس للمفاتيح، والشكل (٣ - ١) يبين تركيب كونتاكتور Contactor من إنتاج شركة Telemecanique الفرنسية.



الشكل (٣ - ١)

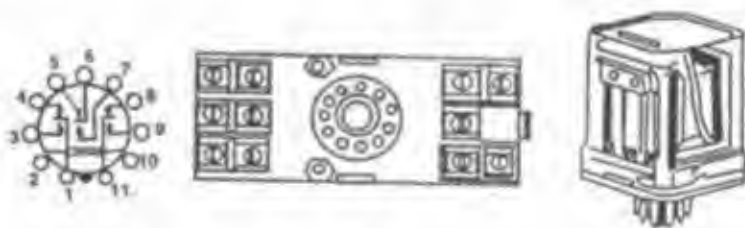
حيث إن:

- 1 قاعدة تثبيت الشق الثابت للقلب المغناطيسي
- 2 الشق الثابت للقلب المغناطيسي
- 3 يابى الإرجاع

- 4 غلاف يحثوى على الشق المتحرك للقلب
المغناطيسى والريش الثابتة والمنحركة
- 5 ملف التشغيل
- 6 حلقة نحاس

والجدير بالذكر أن المفتاح الكهرومغناطيسى يطلق على الكونتاكتور Contactor وكذلك الريلاى Relay؛ علماً بأن الفرق الجوهرى بين الكونتاكتور والريلاى هو أن الكونتاكتور يكون مزوداً بريش رئيسية (أقطاب) Poles قادرة على تحمل تيارات عالية عند وصل وفصل الأحمال الكهربائية مثل: المحركات الكهربائية بالإضافة إلى بعض ريش التحكم والمستخدمه فى عمليات التحكم والتي ستنتضع فيما بعد. أما الريلاى الكهرومغناطيسى فجميع ريشه تكون ريش تحكم فقط وأقصى تيار تتحمله 10A .

والشكل (٣ - ٢) يعرض صورة لريلاى كهرومغناطيسى (الشكل أ) وقاعدته (الشكل ب) ومخطط توصيله (الشكل ج).



الشكل (٣ - ٢)

ويلاحظ أن أطراف ملف الريلاى هما: 10 و 2، وأطراف الريشة القلابة الأولى هم (1 - 3 - 4) وأطراف الريشة القلابة الثانية هم: (8 - 9 - 11) وأطراف الريشة القلاب الثالثة هم: (5 - 6 - 7).

والجدير بالذكر أن الكونتاكتورات المنوفرة فى الأسواق تحثوى عادة على ريشة أو

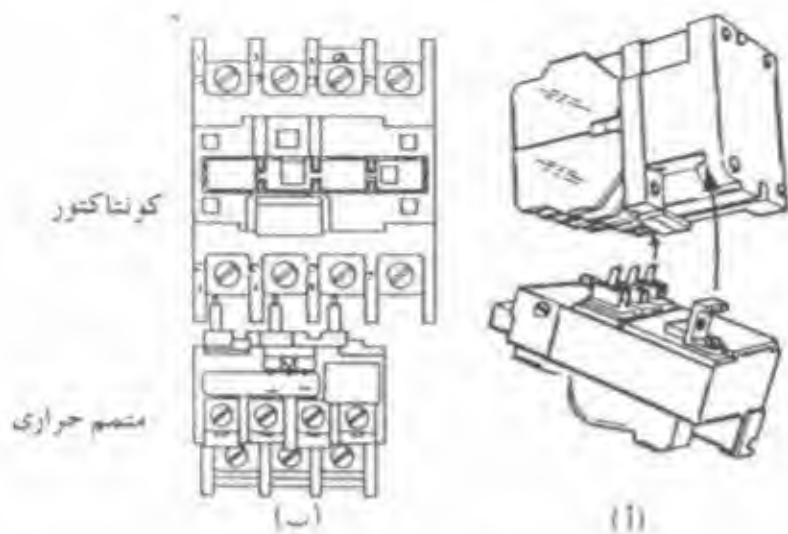
ريشتين إضافيتين، ويمكن زيادة عدد الريش الإضافية (ريش التحكم) للكونتاكتور بإضافة وحدة ريش إضافية للكونتاكتور، إما على وجه الكونتاكتور، أو في جانب الكونتاكتور. والشكل (٣ - ٣) يوضح طريقة نزع وحدة ريش إضافية وجهية (الشكل أ)، وكذلك طريقة تثبيت وحدة ريش إضافية وجهية (الشكل ب).



الشكل (٣ - ٣)

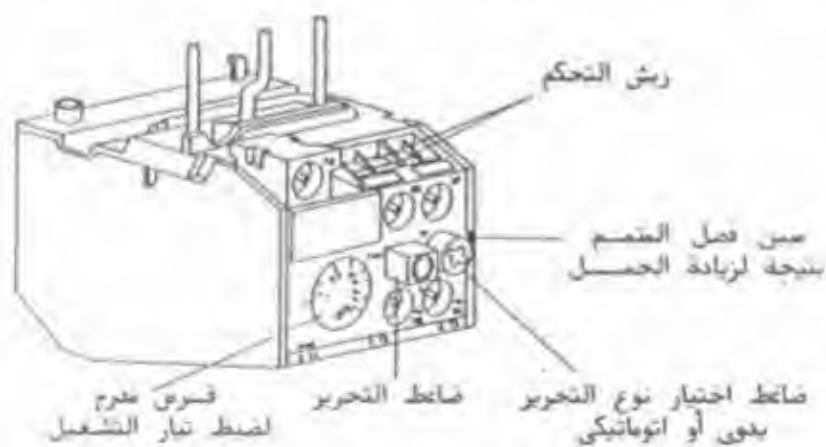
٢ / ٣ - المتسمات الحرارية Thermal O. L'S

تستخدم المتسمات الحرارية لحماية المحركات الكهربائية من زيادة الحمل، وتثبت المتسمات الحرارية أسفل الكونتاكتورات، كما توصل معها كهربياً. والشكل (٣ - ٤) يعرض شكلاً توضيحياً يبين كيفية تثبيت مشمم حراري مع كونتاكتور (الشكل أ). أما الشكل ب) فيعرض مخططاً توضيحياً لكونتاكتور مع مشمم حراري بعد التثبيت.



الشكل (٤ - ٣)

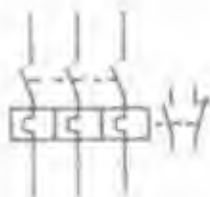
والشكل (٥ - ٣) يعرض مخططاً توضيحياً لمتعم حراري من إنتاج شركة Siemens الألمانية.



الشكل (٥ - ٣)

حيث إن:

- 1 ريش التحكم
 - 2 مبدئ فصل المتسم نتيجة لزيادة الحمل
 - 3 ضاغط اختيار نوع التحرير (بدوى - ذاتى)
 - 4 ضاغط تحرير المتسم الحرارى
 - 5 قرص مدرج لضبط تيار الفصل
- وفيما يلى رمز كونتاكتور موصل مع متسم حرارى (المائى - عالمى):



٣ / ٣ - المؤقتات الزمنية Timers

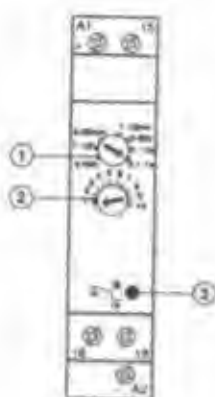
يوجد أنواع مختلفة من المؤقتات الزمنية مثل: المؤقتات الالكترونية - المؤقتات ذات المحرك - المؤقتات الهوائية.

وسوف نتناول فى هذه الفقرة المؤقتات الالكترونية فقط، وتنقسم بدورها إلى عدة أنواع أهمها:

١- المؤقت الزمنى الذى يؤخر عند التوصيل On delay Timer. فعند اكتمال مسار التيار ملف المؤقت ينعكس وضع ريش تلامس المؤقت بعد تأخير زمنى مقداره t، فتصبح ريش المؤقت المفتوحة طبيعياً NO مغلقة، وريش المؤقت المغلقة طبيعياً NC مفتوحة. وبمجرد انقطاع مسار التيار ملف المؤقت تعود ريش المؤقت لوضعها الطبيعى.

٢- المؤقت الزمنى الذى يؤخر عند الفصل Off delay Timer. فعند توصيل ملف

المؤقت بالمصدر الكهربى تنعكس أوضاع ريش المؤقت فى الحال، ولكن عند انقطاع مسار التيار الكهربى ملف المؤقت وبعد تأخير زمنى ٤ تعود ريش المؤقت الزمنى لوضعها الطبيعى.



والشكل (٣ - ٦) يعرض المسقط الرامى لمؤقت زمنى الكترونى من صناعة شركة Merlin gerin . الفرنسية

حيث إن:

1 نقطة ضبط زمن المؤقت

2 نقطة معايرة معامل الزمن

موحد مشع أخضر يضىء عند انعكاس ريش المؤقت 3

فلضبط المؤقت عند زمن سبع ثوانى 7S مثلا، توضع

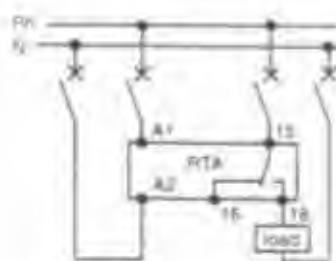
لنقطة المعايرة 1 على الوضع 10S - 1، وتوضع نقطة المعايرة

2 على الوضع 7.

الشكل (٣ - ٦)

أما الأقطار A1 و A2 فهى أقطار ملف المؤقت والأقطار (15- 16- 18) لريشة قلاب .

والشكل (٣ - ٧) يبين طريقة توصيل المؤقت الزمنى مع المصدر الكهربى وكذلك مع الحمل Load .



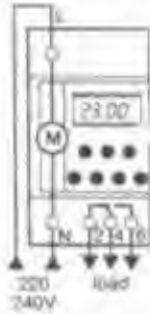
الشكل (٣ - ٧)

وفيما يلى رمز مؤقت زمنى يؤخر عند التوصيل (1)، ورمز مؤقت زمنى يؤخر عند الفصل 2 .



مؤقت يؤخر عند الفصل مؤقت يؤخر عند التوصل

٣- المؤقتات الزمنية المبرمجة Programmable Times، وتستخدم هذه المؤقتات للتحكم في وصل وقصل دائرة كهربائية خلال ساعة معينة في يوم معين كل أسبوع أو كل شهر أو كل سنة. ويستخدم هذا النوع من المؤقتات في تشغيل ماكينات الديزل لوحدات التوليد خلال وقت معين كل أسبوع من أجل المحافظة على ماكينات الديزل.



والشكل (٣ - ٨) يعرض مخطط توصيل مؤقت زمني مزود بمحرك تزامن داخلي M من إنتاج شركة Merlin Gerin الفترتسية، ويعمل عند جهد 220/240V عند تردد 50/60HZ، ويمكن برمجته بعدد من مواضع التشغيل تصل إلى 42 موضعاً خلال دورة التشغيل التي تصل إلى أسبوع.

الشكل (٣ - ٨)

٣ / ٤ - الصواغط والمفاتيح Push buttons & Switches

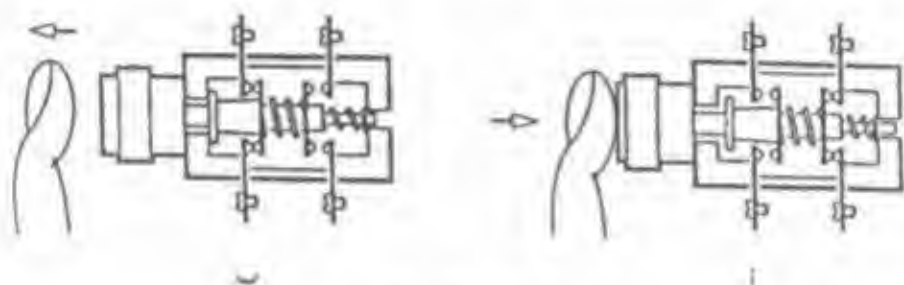
يستخدم العديد من الصواغط مع وحدات التوليد العاملة بمكينات الديزل مثل:

- ١ - ضاغط اختبار اللصات Lamp test Button
- ٢ - ضاغط الطوارئ Emergency Button
- ٣ - ضاغط تحرير المشكلة Reset Push Button
- ٤ - ضاغط معرفة المشكلة Accept Push Button
- ٥ - ضاغط التشغيل اليدوي On Push Button

٦ - ضاغط الإيقاف اليدوي OFF Push Button

وعادة يكون الضاغط مزود بريشة مفتوحة NO وإحدى مغلقة NC.

والشكل (٣ - ٩) يعرض ضاغط مزود بريشة مفتوحة NO، وأخرى مغلقة NC أثناء الضغط اليدوي عليه (الشكل أ)، وأثناء إزالة الضغط عنه (الشكل ب).



الشكل (٣ - ٩)

وبلاحظ أنه عند الضغط على الضاغط تتغير حالة ريش الضاغط فتغلق الريشة المفتوحة، وتفتح الريشة المغلقة، وبمجرد إزالة الضغط عن الضاغط تعود ريش الضاغط لوضعها الطبيعي.

أما المفاتيح المستخدمة مع وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل فيوجد منها نوعان وهما:

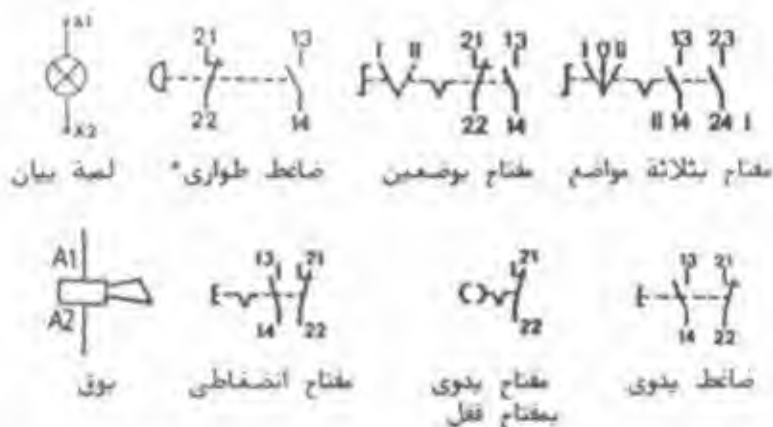
١ - مفتاح انضغاطي يشبه الضاغط، ولكن يكون له وضعان، فعند الضغط عليه تتغير حالة ريشه، وتظل ريشه في حالة تغير إلى أن يتم الضغط عليه مرة أخرى فنعود ريشه لوضعها الطبيعي.

٢ - مفتاح بمفتاح قفل Key وهو يشبه الضاغط، ولكن يتغير وضع ريشه وذلك بمفتاح القفل.

٣ - مفتاح بيد دوارة Rotary handle ويكون له عدة أوضاع وعدد هذه الأوضاع تختلف من مفتاح لآخر تبعاً لوظيفة المفتاح، فمفتاح التحكم في طريقة

التشغيل (Aut - Man - Off) يكون له ثلاثة أوضاع، ومفتاح اختيار الأميتر Ammeter selector switch يكون له أربعة أوضاع (0- L1- L2- L3)، ومفتاح اختيار الفولتميتر Voltmeter selector switch يكون له ستة أوضاع وهم: (0 - L₁L₂ - L₁L₃ - L₂L₃-L₁N - L₂N - L₃N) ومفتاح اختيار الأميتر والفولتميتر يكون له سبعة أوضاع وهم:

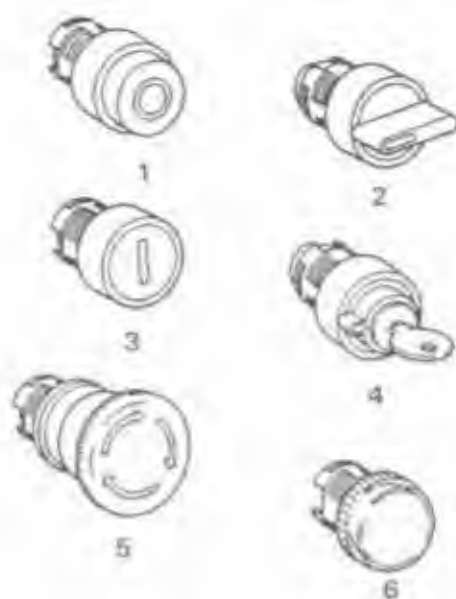
(0 - L₁L₂ - L₁L₃ - L₂L₃ - ϕ_1 - ϕ_2 - ϕ_3) والشكل (٣ - ١٠) يعرض الرموز العالمية والألمانية لعدة نماذج مختلفة من الضواغط والمفاتيح، وكذلك رموزية البيان.



الشكل (٣ - ١٠)

والجدير بالذكر أن لون ضاغط إيقاف عادة أحمر، وضاغط التشغيل لونه أخضر، وضاغط الطوارئ لونه أحمر، لكنه عند الضغط عليه يحدث له إمساك في وضع الانضغاط ولا يعود لوضعه الطبيعي إلا بعد إدارته في اتجاه عقارب الساعة.

والشكل (٣ - ١١) يعرض رموز كل من ضاغط إيقاف (1)، ومفتاح بيد دورة (2)، وضاغط تشغيل (3) ومفتاح تمفتاح قفل (4)، وضاغط طوارئ (5)، ولمبة بيان (6).

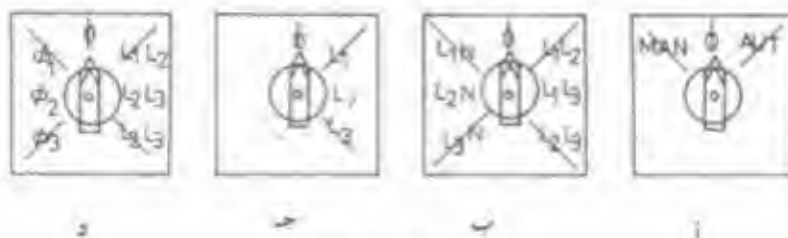


الشكل (٣ - ١١)

والشكل (٣ - ١٢) يعرض المسقط الرأسي لمفتاح وظيفة (Man - O - Aut).
ومفتاح اختيار فولتميتر بسبعة أوضاع وهم: $(L_3N - L_2N - L_1N - 0 - L_2L_3 - L_1L_3 - L_1L_2)$

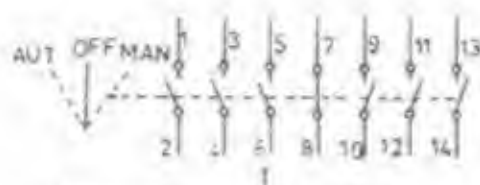
ومفتاح اختيار أميتر بأربعة أوضاع وهم: $(0 - L_1 - L_2 - L_3)$ ومفتاح اختيار أميتر
وفولتميتر بسبعة أوضاع وهم:

$(\phi_1 - \phi_2 - \phi_3 - 0 - L_1L_2 - L_2L_3 - L_1L_3)$



الشكل (٣ - ١٢)

والشكل (٣ - ١٣) يبين ريش أحد أنواع مقابيح الوظيفة (الشكل أ)، وجدول الوظيفة (الشكل ب) . علماً بأن X تعنى غلق الريشة، وبدون تعنى فتح الريشة . ففى وضع Man تكون الريش 1 - 2, 3 - 4, 5 - 6 مغلقة، وفى وضع OFF تكون الريشة 7 - 8 مغلقة وفى وضع Aut تكون الريش 9 - 10, 11 - 12, 13 - 14 مغلقة .



CONTACT	MAN	OFF	AUT
1-2	X		
3-4	X		
5-6	X		
7-8		X	
9-10			X
11-12			X
13-14			X

ب

الشكل (٣ - ١٣)

والشكل (٣ - ١٤) يبين ريش مفتاح اختيار أميتر وفولتميتر (الشكل أ) وجدول الوظيفة له (الشكل ب) .

حيث إن :

☒ الريشة مغلقة .

☐ الريشة مفتوحة .

☒ ☒ الريشة مغلقة فى وضعين متتاليين ، وتصبح الريشة مفتوحة

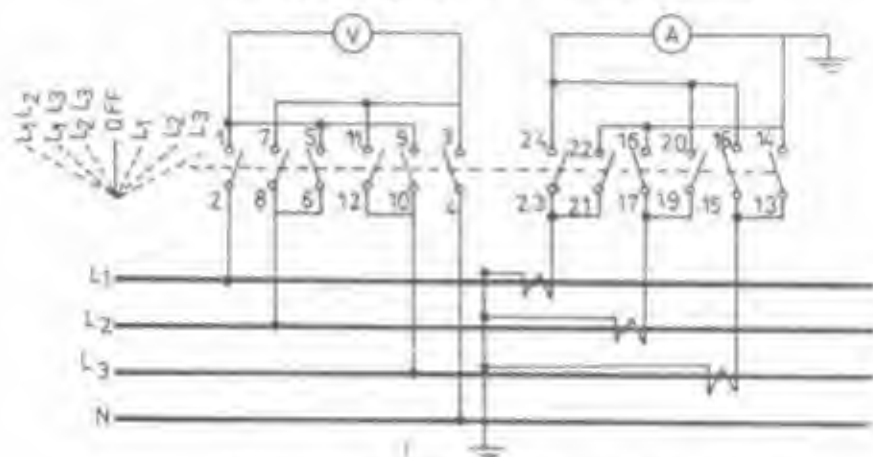
عند الانتقال من الوضع الأول للثانى .

الريشة مغلقة في وضعين متتاليين مع بقائها مغلقة أثناء الانتقال.

الريشة مفتوحة وتغلق متأخراً عند الانتقال للموضع الثاني.

الريشة مغلقة وتفتح متأخراً عند الانتقال للموضع الثاني.

الريشة مغلقة عند الوضع الانتقالي فقط.



CONTACT	L ₁ L ₂	L ₁ L ₃	L ₂ L ₃	OFF	L ₁	L ₂	L ₃
1-2	X	X					
7-8	X						
5-6			X				
11-12		X	X				
9-10							
3-4							
24-23					*	*	
22-21					*	*	
16-17						*	*
20-19						*	*
18-15							*
14-13							*

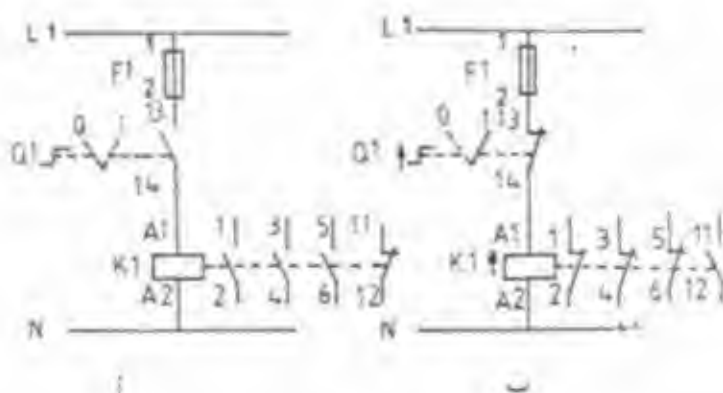
الشكل (٣ - ١٤)

٣ / ٥ - نظرية تشغيل الكونتاكتور أو الريلاي الكهربائي

يمكن تشغيل الكونتاكتور أو الريلاي بمفتاح له وضعي تشغيل أو بضغوط تشغيل يدوي، ولكل طريقة تشغيل خصائص ستتضح في الفقرات التالية.

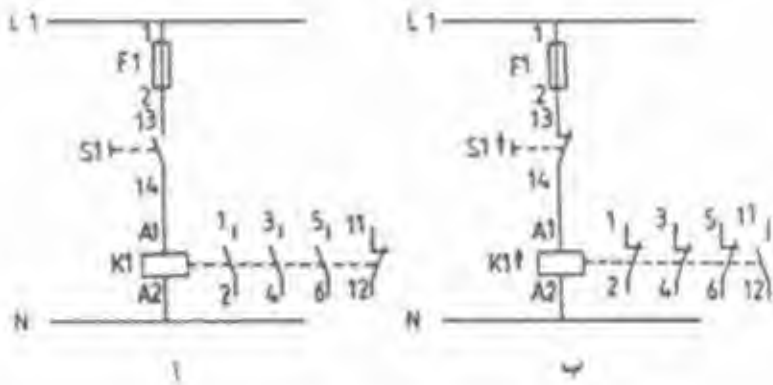
٣ / ٥ / ١ - التشغيل والفصل بمفتاح تشغيل له وضعي تشغيل

الشكل (٣ - ١٥) يعرض دائرة تحكم تحسوي على ملف الكونتاكتور K_1 ، ومفتاح التشغيل Q_1 ، ومصهر الحماية F_1 . (قال الشكل ١) يعرض دائرة التحكم في الحالة المعنادة وذلك في حالة وضع المفتاح Q_1 على وضع 0. بينما (الشكل ب) يعرض دائرة التحكم عندما يكون المفتاح Q_1 على وضع 1، وفي هذا الوضع فإن ريشة المفتاح Q_1 المفتوحة ستصبح مغلقة، وبالتالي يكتمل مسار التيار للملف الكونتاكتور K_1 ، فتتدفق ويتجذب الشق المتحرك للقلب المغناطيسي تجاه الشق الثابت، ويتغير وضع ريش التلامس للكونتاكتور، ويقال إن الكونتاكتور في حالة تشغيل وتصبح الأقطاب الرئيسية للكونتاكتور مغلقة بدلاً من مفتوحة، ويتغير وضع ريش التحكم للكونتاكتور فتصبح الريش المفتوحة طبيعياً NO مغلقة والعكس بالعكس، علماً بأن الكونتاكتور K_1 يظل على هذه الحالة إلى أن يتم إعادة المفتاح Q_1 إلى وضع 0، فينقطع مسار التيار للملف الكونتاكتور، وتعود ريش التلامس (الرئيسية - التحكم) لوضعها الطبيعي، ويقال إن الكونتاكتور في حالة OFF.



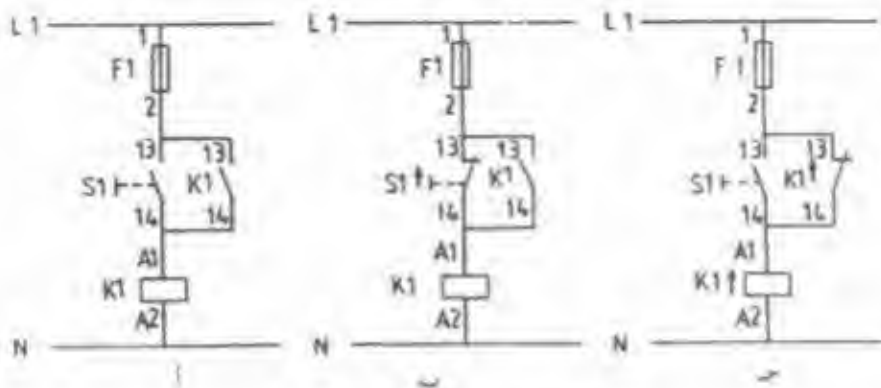
٣/٥/٢ - التشغيل والفصل بضغط يدوي

الشكل (٣ - ١٦) يعرض دائرة التحكم لتشغيل الكونتاكتور K١ باستخدام الضاغطة اليدوي S١، (الشكل أ) يعرض دائرة التحكم في الحالة الطبيعية، بينما يعرض (الشكل ب) دائرة التحكم عندما يكون الضاغطة S١ تحت تأثير ضغط يدوي والفرق بينهما يشبه تماماً الفرق بين الشكل (٣ - ١١) والشكل (٣ - ١٥)، ولكن مع استمرار الضغط على الضاغطة S١.



الشكل (٣ - ١٦)

وحتى يمكن التغلب على مشكلة الضغط المستمر على الضاغطة S١ للمحافظة على حالة الكونتاكتور K١، في حالة وصل ON يمكن استخدام ريشة تحكم من الكونتاكتور K١، حيث توصل هذه الريشة بالتوازي مع الضاغطة S١، كما بالشكل (٣ - ١٧)، ففي (الشكل أ) دائرة التحكم للكونتاكتور K١ بضاغطة تشغيل يدوي K١، وريشة إبقاء ذاتي K١ في الحالة الطبيعية (بدون توصيل الكهرباء)، وفي (الشكل ب) دائرة التحكم، ولكن عند توصيل التيار الكهربى والضغط على الضاغطة اليدوي S١، وفي (الشكل ج) دائرة التحكم لحظة تحرير الضاغطة اليدوي S١، ويتضح من ذلك أن ريشة التحكم K١ عملت على الإبقاء الذاتى لمرور التيار الكهربى بملف الكونتاكتور بعد إزالة الضغط عن الضاغطة S١.



الشكل (٣ - ١٧)

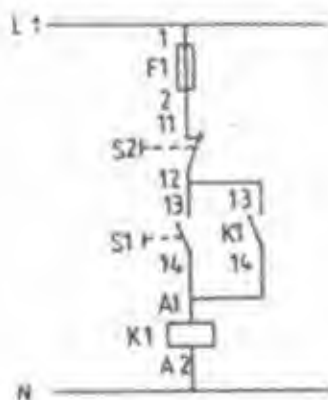
ولكن بهذه الطريقة ظهرت مشكلة وهي عدم إمكانية فصل الكونتاكتور، وللتغلب على هذه المشكلة يضاف صاغط آخر للإيقاف كما هو موضح بالشكل (٣ - ١٨).

حيث إن:

S1 صاغط التشغيل

S2 صاغط الإيقاف

ريشة الإبقاء الذاتي لمسار التيار 13 - 14 / K1
وهي أحد ريشن التحكم للكونتاكتور K1.



الشكل (٣ - ١٨)

٦ / ٣ - تشغيل وإيقاف محرك استنتاجي ثلاثي الأوجه

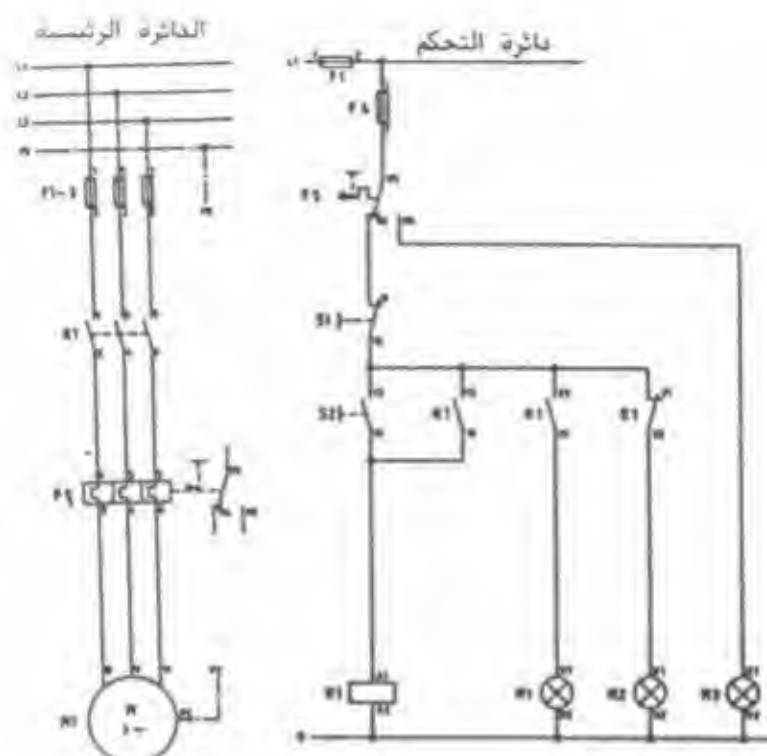
الشكل (٣ - ١٩) يعرض المخطط الكهربى لتشغيل محرك استنتاجي ثلاثي الوجه.

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط S_2 للحظة تغلق الريشة 14 - 31 / S_2 ، فيكتمل مسار تيار الكونتاكطور K_1 ، ويعمل الكونتاكطور ويغلق أقطابه الرئيسية الموجودة فى الدائرة الرئيسية ويدور المحرك، وكذلك تغلق الريشة 14 - 13 / K_1 الموجودة فى دائرة التحكم فيحدث إمساك ذاتى لمسار التيار عندما يزال الضغط عن الضاغط S_1 ، وتضىء الللمبة H_1 نتيجة لغلق الريشة 24 - 23 / K_1 . ويمكن إيقاف المحرك بالضغط على الضاغط S_1 للحظة، فينقطع مسار تيار ملف الكونتاكطور K_1 ، فتعود الريشة الرئيسية والريشة المساعدة للكونتاكتور لوضعها الطبيعى ويتوقف المحرك. وبعد إزالة الضغط عن S_1 تعود الريشة 12 - 11 / S_1 مغلقة مرة أخرى فنضىء الللمبة H_3 لتدل على أن المحرك متوقف.

وإذا حدث زيادة فى الحمل على المحرك أثناء دورانه، يقوم المشتمم الحرارى F_5 بعكس حالة ريشة فتصبح الريشة 96 - 95 / F_5 مفتوحة، فينقطع مسار التيار عن K_1 ، وفى نفس الوقت تغلق الريشة 98 - 95 / F_5 فيكتمل مسار التيار لللمبة الخطأ H_3 ، وتضىء دلالة على أن المحرك فصل نتيجة لزيادة الحمل عليه.

ولتحرير المشتمم الحرارى نقوم بالضغط على ضاغط تحريره فتعود الريشة الفلاب للمشتمم الحرارى 98 - 96 - 95 / F_5 لوضعها الطبيعى الموضح بدائرة التحكم.



الشكل (٣ - ١٩)

٣ / ٧ - أجهزة البيان والإنذار

يوجد عدة أنواع من أجهزة البيان المستخدمة مع المولدات مثل :

١ - لمبات البيان Indication Lamps .

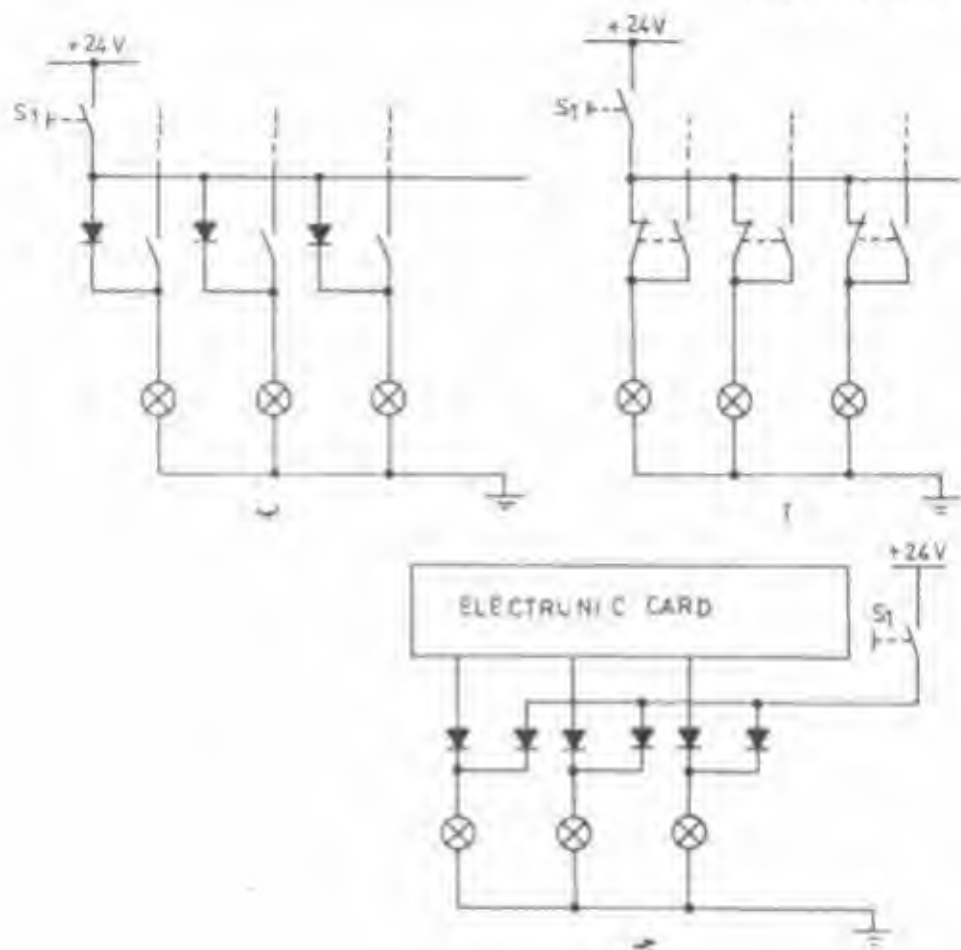
٢ - لمبات الإنذار الدوارة .

٣ - أبواق وسرايين الإنذار Horns & Sirens .

٣ / ٧ / ١ - دوائر اختبار لمبات البيان

وعادة تزود وحدات التوليد العاملة بمآكينات الديزل بدوائر اختبار لمبات البيان للتأكد من أن جميع اللمبات صالحة، وذلك من أجل تجنب البيان الكاذب الناتج عن

احتراق أحد اللمبات. والشكل (٣ - ٢٠) يعرض ثلاث دوائر مختلفة تستخدم لاختبار لمبات البيان.



الشكل (٣ - ٢٠)

ففى (الشكل ١) يتم توصيل ريشة مغلقة واخرى مفتوحة من الريلاى الذى سيتحكم فى تشغيل لمبة البيان، فعند الضغط على ضاغط اختبار اللمبات S1، يعبر التيار الكهربى عبر الريش المغلقة، وبالتالي يكتمل مسار تيار اللمبات السليمة ومن ثم تضىء

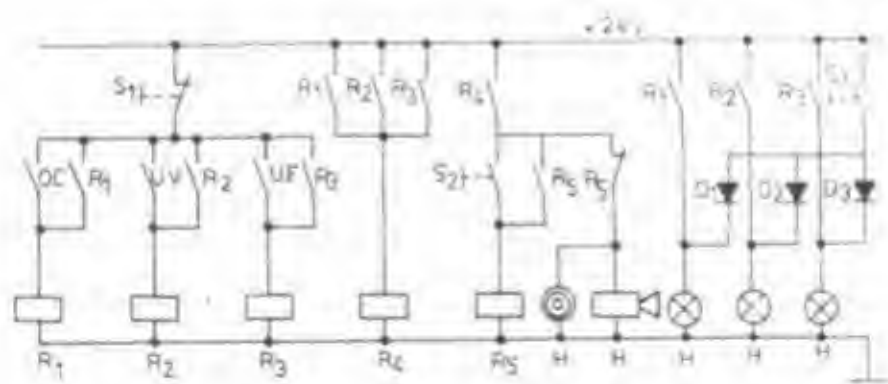
وفى (الشكل ب) يتم توصيل موحد Diode مع كل لمبة بيان، وتوصل جميع الموحّدات مع ضاغط اختبار اللمبات S1، حيث تسمح الموحّدات بمرور التيار القادم من ضاغط الاختبار S1، فتضىء لمبات البيان السليمة ولا تسمح الموحّدات بالارتداد العكسى للتيار من أحد لمبات البيان المضيئة أثناء التشغيل العادى إلى باقى لمبات البيان.

وفى (الشكل جـ) عند الضغط على ضاغط اختبار اللمبات S1، يمر التيار الكهربى عبر ضاغط الاختبار، ثم عبر موحّدات الاختبار (الموصلة مع ضاغط الاختبار) فتضىء جميع لمبات البيان السليمة، وتمنع الموحّدات الموصلة مع الدائرة الالكترونية Electronic Card ارتداد الجهد إلى الدائرة الالكترونية أثناء الاختبار.

علماً بأنه يجب استبدال لمبات البيان التى لم تضىء أثناء الاختبار بأخرى جديدة.

٣ / ٧ / ٢ - دوائر الإنذار الصوتى والضوئى

الشكل (٣ - ٢١) يعرض دائرة إنذار صوتى وضوئى مبسطة لمولد تعمل عند انخفاض الجهد أو التردد، أو زيادة تيار المولد باستخدام لمبات البيان.



الشكل (٣ - ٢١)

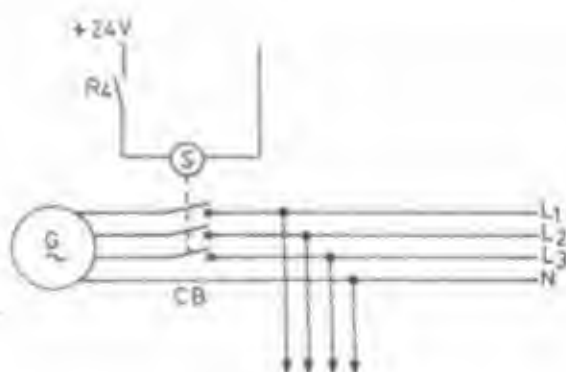
S1	ضاغط التحرير
S2	ضاغط المعرفة
S3	ضاغط اختيار اللمبات
OC	ريشة من ريلاي زيادة التيار
UV	ريشة من ريلاي انخفاض الجهد
UF	ريشة من ريلاي انخفاض التردد
R1	ريلاي إضافي يعمل عند زيادة التيار
D1 : D3	موحدات
R2	ريلاي إضافي يعمل عند انخفاض الجهد
R3	ريلاي إضافي يعمل عند انخفاض التردد
R4	ريلاي الإنذار العام
R5	ريلاي المعرفة
H1	لمبة إشارة ومباضة
H2	بوق الإنذار الصوتي
H3	لمبة بيان زيادة التيار
H4	لمبة بيان انخفاض الجهد
H5	لمبة بيان انخفاض التردد

نظرية التشغيل :

لنفترض أن احتمالات المولد قد زادت عن المسموح به، الأمر الذي سيؤدي لزيادة التيار المسحوب من المولد، فيعمل ريلاي زيادة التيار OC، فيغلق ريشته المفتوحة، ومن ثم يعمل الريلاي الإضافي R1، فيغلق ريشته المفتوحة الموصلة مع ملف

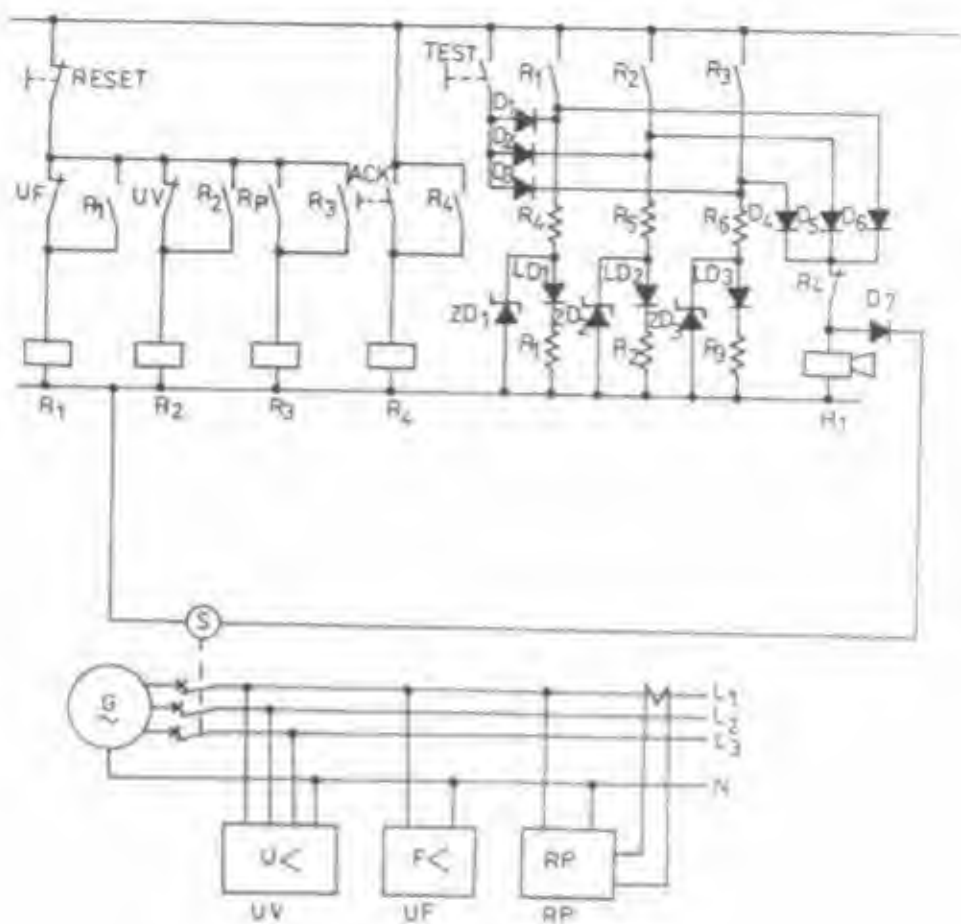
الريلاي R4 فيكتمل مسار التيار للريلاي R4، ويعمل ويغلق ويثبته المفتوحة طبيعياً والموصلة مع H1، H2 فتضي لمبة الإشارة الومضة H1، وكذلك يعمل البوق H2 فينبه المشغل ويضغط على ضاغط المعرفة S2 فيعمل ريلاي المعرفة R5 ويقتح ريشته المغلقة طبيعياً والموصلة مع H1، H2، فيسكت البوق وتنطفئ لمبة الإشارة الومضة، وعندما يدقق المشغل في لوحة التحكم لوحدة التوليد سيجد أن لمبة البيان H3 مضيئة، فيعرف أن سبب هذا الإنذار هو زيادة الحمل على المولد فيبحث عن سبب المشكلة، وبعد إزالة أسباب المشكلة يقوم المشغل بالضغط على ضاغط التحرير S1 فينقطع مسار تيار الريلاي الإضافي R1، وتعود الدائرة لوضعها الطبيعي، وتنطفئ لمبة البيان H3 وهكذا مع باقى الأخطاء (انخفاض الجهد والتردد).

والشكل (٣ - ٢٢) يبين دائرة فصل أطراف المولد عن الحمل عند عمل ريلاي الخطأ العام R4 بواسطة موديول فصل التوازي للقاطع (S) Shunt module.



الشكل (٣ - ٢٢)

والشكل (٣ - ٢٣) يعرض دائرة إنذار صوتي وضوئي مبسطة لمولد تعمل عند انخفاض الجهد أو التردد أو زيادة التيار باستخدام موحّدات باعثة للضوء.



الشكل (٣ - ٢٣)

والجدير بالذكر أن بعض الشركات تصمم هذه الدائرة باستخدام موديول إنذار Alarm module يتألف من R_1 ، R_2 ، R_3 ، وموديول اختبار الموحدة المشعة LED module، ويتألف من D_1 - D_6 ، LD_1 - LD_3 ، ZD_1 - ZD_3 ، R_4 - R_6 ، وموديول إسكات البوق Alarm silence module ويتألف من الريلاي الكهرومغناطيسي R_4 .

نظرية عمل الدائرة :

لنفترض أن تردد المولد انخفض، في هذه الحالة يعمل ريلاي انخفاض التردد UF على إعادة ريشته المغلقة لحالتها الطبيعية، فيعمل الريلاي R3، ومن ثم يعلق ريشة الإبقاء الذاتي الخاصة به، ويظل هذا الريلاي يعمل حتى ولو عادت الريشة UF مفتوحة مرة أخرى، ويعلق الريلاي R3 ريشته المفتوحة الموصلة مع الموحد المشع LD3، فيضئ وفي نفس الوقت يصل جهد عبر D4 للبوق H1 فيصدر البوق صوت الإنذار الصوتي، وتصل إشارة فصل Trip للقاطع الرئيسي للمولد، ومن ثم تنفصل الأحمال عن المولد، وعند قيام أحد المشغلين بالضغط على ضاغط إسكات البوق Ack، يعمل الريلاي R4، ومن ثم يعلق ريشة الإبقاء الذاتي الخاصة به، ويفتح الريشة المغلقة R4، الموصلة مع البوق R4، فيسكت البوق، ولكن يظل الموحد المشع LD3 والذال على انخفاض التردد مضيئاً، وبعد إزالة سبب المشكلة يمكن للمشغل الضغط على ضاغط تحرير الإنذار Reset، فينقطع مسار تيار الريلاي R3، ومن ثم ينطفئ الموحد المشع LD3 وتعود الدائرة للحالة الطبيعية.

وبنفس الطريقة يمكن تنيع عمل الدائرة عند انخفاض الجهد، أو انعكاس القدرة على المولد، علماً بأن U/V هو ريلاي انخفاض الجهد، أما الريلاي R3 هو ريلاي انعكاس القدرة.

الباب الرابع

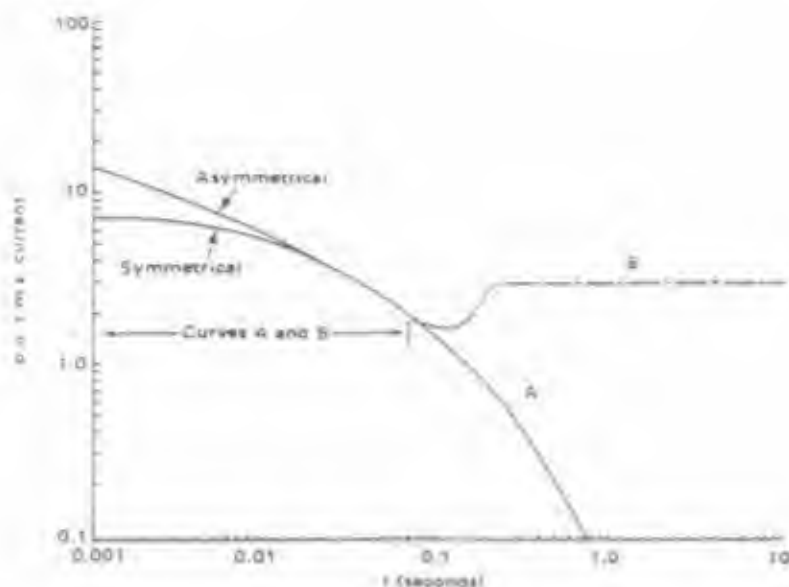
أجهزة حماية المولدات التزامنية

أجهزة حماية المولدات التزامية

٤ / ١ - مقدمة

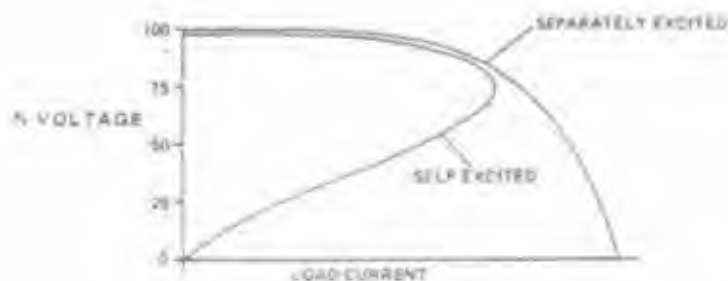
قبل أن نتعرض لأجهزة الحماية اللازمة للمولدات التزامية، يجب أولاً أن نتناول العوامل المؤثرة على شدة تيارات القصر. فختيار القصر يعتمد على معاوقة المولد ونوعية نظام تغذية مجال المولد، وكذلك على معاوقة الدائرة بين مكان الخطأ والمولد.

والجدير بالذكر أنه في الآونة الأخيرة روعي أن يكون المولد ذا عزل جيد، وأن يكون للمولد خواص تحميل جيدة (انخفاض ضئيل في الجهد عند زيادة الأحمال) مع أقل سعر، الأمر الذي أدى إلى تقليل الخسائر المستخدمة في صناعة المولد مثل: الحديد والنحاس لكل KVA من سعة المولد؛ ونتيجة لذلك ارتفعت معاوقة المولدات عن ذي قبل، وبالتالي عند تعرض المولد لقصر على أطرافه سيقبل تيار القصر، وهذا سيجعل عملية اختيار القاطع المناسب في غاية الصعوبة. والشكل (٤ - ١) يبين العلاقة بين تيار القصر والزمن عند حدوث قصر متماثل (قصر لثلاثة أوجه) Symmetrical، وكذلك عند حدوث قصر غير متماثل (بين وجه أو وجهين مع خط التعادل) Asymmetrical، وذلك للمولدات ذاتية التغذية (A)، والمولدات المنفصلة التغذية (B) ويلاحظ أن تيار القصر يساوي 7 مرات من تيار التشغيل العادي عند القصر المتماثل، في حين يساوي أكثر من 15 مرة عند القصر غير المتماثل، ويلاحظ أن تيار القصر في المولدات الذاتية التغذية يتضاءل طائفاً بمرور الزمن، لذلك فإنه لا حاجة لأنظمة حماية خاصة لهذه المولدات. وعادة تكون هذه المولدات مزودة بنظام لتغذية المجال قادراً على إمداد المجال بتيار إثارة تكافى للموصول بتيار الحمل إلى 2.5 مرة من تيار الحمل الكامل عند معامل قدرة صفراً.



الشكل (٤ - ١)

والشكل (٤ - ٢) يعرض العلاقة بين جهد أطراف المولد و تيار الحمل لمولد بإثارة ذاتية Self Excited ، وآخر بإثارة منفصلة Separately Excited .



الشكل (٤ - ٢)

والجدول بالذكرة ان المولدات الذاتية الإثارة يتخفض تيار الحمل لها عند وصوله إلى

2.5 مرة من تيار الحمل الكامل، ويقل الجهد على أطراف المولد وصولاً لتيار قصر يساوي صفراً.

في حين أن المولدات المنفصلة الإثارة تتحمل تيار زيادة الحمل من 3:4 مرة من الحمل الكامل، لذلك فإن المولدات المنفصلة الإثارة أفضل من حيث سهولة تحديد مكان القصر وفصله، كما أن هذه المولدات لها خواص أفضل مع المحركات التي لها تيار بدء كبير.

٤ / ٢ - قواطع الدائرة المصغرة Miniature Circuit Breakers

تستخدم قواطع الدائرة في وصل وفصل الدوائر الكهربائية سواء في الأحوال العادية أو حالات الخطأ، والفرق بين قاطع الدائرة والمفتاح هو أن المفتاح يقوم بوصل وفصل الدائرة يدوياً في الحالات العادية، أما قاطع الدائرة فيقوم بوصل وفصل الدائرة يدوياً في الحالات العادية، ويقوم بفصل الدائرة ذاتياً عند حدوث أخطاء بالدائرة مثل: القصر أو زيادة الحمل.

مميزات قواطع الدائرة:

- ١ - زمن الفصل قصير جداً عند حدوث قصر في الدائرة.
- ٢ - يمكن إعادتها للتشغيل وذلك بإعادتها يدوياً لوضع ON بعد إزالة أسباب الخطأ.
- ٣ - يمكن استخدامها كمفتاح رئيسي في الدائرة.
- ٤ - يمكن فصلها يدوياً أثناء عمل الأحمال بدون خوف من حدوث شرارة. وتصنع هذه القواطع بعدد مختلف من الأقطاب، فمنها ما هو بقطب واحد 1 pole، وآخر بقطبين 2 Pole، وآخر بثلاثة أقطاب 3 Pole، وآخر بأربعة أقطاب 4 Pole. والشكل (٤ - ٣) يعرض نموذجين لقواطع دائرة مصغرة قطب واحد (الشكل أ)، وثلاثة أقطاب (الشكل ب).

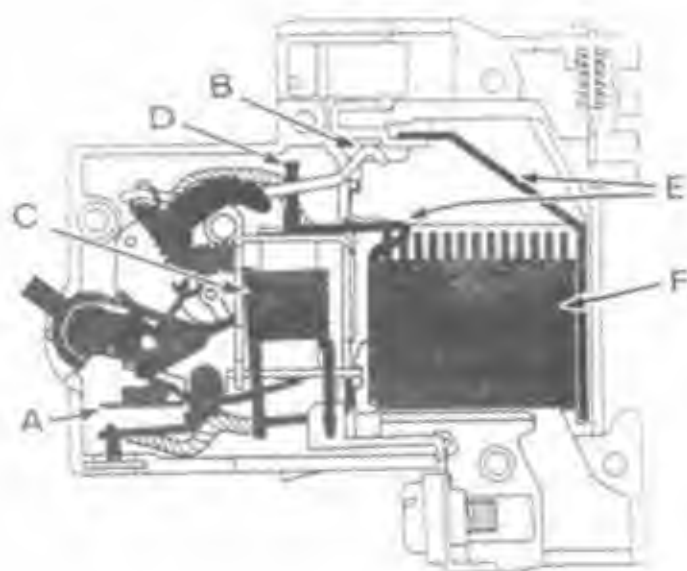


والجدير بالذكر أن قواطع الدائرة المصغرة تحتوي على عنصر

الشكل (٤ - ٣)

فصل حرارى لحماية الدائرة من زيادة الحمل، وتختصر فصل مغناطيسى لحماية الدائرة من القصور لذلك فهي مناسبة للحماية من القصور وزيادة الحمل. علماً بأن القصور ينتج عن اتصال مباشر بين وجهين أو أكثره أو وجه وخط التعادل، أو وجه وخط الوقاية. أما زيادة الحمل فينتج من زيادة الحمل على أحمال المحركات، وعادة فإن تيار الدائرة يزداد عدة مرات أثناء القصور قد تصل إلى 100 مرة، في حين يزداد التيار بعد أقصى مرتين من التيار المقتن عند زيادة الحمل.

والشكل (٤ - ٤) يعرض قطاعاً داخلياً في قاطع دائرة مصغر من إنتاج شركة (MEM Ltd.)



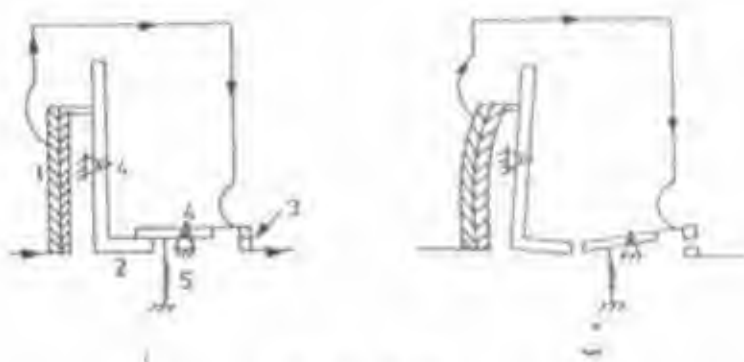
الشكل (٤ - ٤)

حيث إن:

- | | |
|---|--------------------|
| A | عنصر الفصل الحرارى |
| B | نقاط التلامس |

- C عنصر الفصل المغناطيسي
D خابور فتح ريش التلامس لعنصر الفصل المغناطيسي
E مسارات الشرارة
F غرفة إطفاء الشرارة

ويتكون عنصر الفصل الحراري التلقائي من شريحة ثنائية المعدن مكونة من معدنين لهما معامل تمدد حراري مختلف، وعند مرور تيار أكبر من تيار الحمل المقنن في هذه الشريحة تنثنى هذه الشريحة، فيحدث فصل للمقاطع ويختلف زمن الانثناء الكامل لهذه الشريحة باختلاف شدة التيار المار، فكلما زاد التيار قل الزمن والعكس بالعكس. والشكل (٤ - ٥) يبين طريقة عمل عنصر الفصل الحراري . (فالشكل أ) لعنصر فصل حراري في الوضع الطبيعي (والشكل ب) لعنصر فصل حراري لحظة مرور تيار كبير.



الشكل (٤ - ٥)

حيث إن :

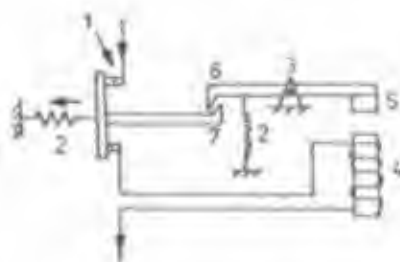
- | | | | |
|---|-------------|---|---------------------|
| 4 | محور ارتكاز | 1 | شريحة ثنائية المعدن |
| 5 | يساي | 2 | سقاطة |
| | | 3 | نقاط التلامس |

أما عنصر الفصل المغناطيسي فيعمل على توفير الوقاية من تيارات القصير،

ويتكون من ملف كهربي له قلب حديدي يعمل كرافعة لآلة الفصل المغناطيسي، فعندما يزداد التيار المار في الملف الكهربي ليصل إلى حد معين، يتحرك القلب المغناطيسي ليحذب آلية الفصل مسبباً فصل القاطع في زمن يتراوح ما بين (10:30ms)، وذلك في حالة عناصر الفصل المغناطيسية الفورية، والشكل (٤ - ٦) يبين تركيب عنصر الفصل المغناطيسي بصورة مبسطة.

حيث إن:

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1 | نقاط التلامس للقاطع |
| 2 | يساى |
| 3 | مفصل |
| 4 | الملف الكهربي والقلب المغناطيسي |
| 5 | رافعة |
| 6 | سقاطة |

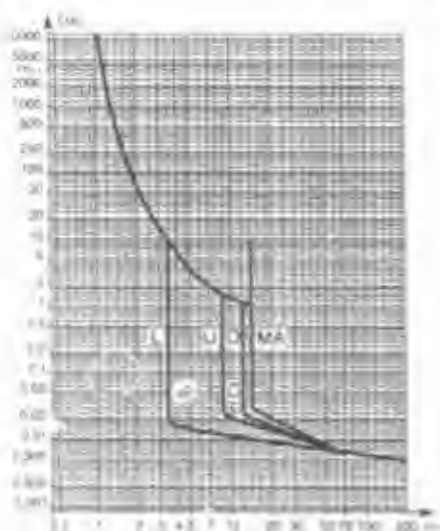


الشكل (٤ - ٦)

٤ / ٢ / ١ - خواص قواطع الدائرة المصغرة

يوجد لقواطع الدائرة المصغرة والتي تيارها المقتن أقل من أو يساوي 100A خمسة منحنيات خواص مختلفة تبعاً للمواصفات العالمية IEC157.1 مبينة بالشكل

(٤ - ٧) وهذه الخواص خاصة بقواطع منتجة بشركة Merlin Gerin الفرنسية طراز Multi 9 mcb's وهم كما يلي:



خواص L: وهي مناسبة لحماية المولدات والأشخاص والكابلات الطويلة في أنظمة (TN, IT) وهي تحقق العلاقة التالية:

$$I_m = (2.6 : 3.85) I_n$$

حيث I_n :

الشكل (٤ - ٧)

I_m

تيار الفصل المغناطيسي

I_n

التيار المقنن للقواطع

خواص U: وهي للقواطع المستخدمة لحماية الأحمال التي تغذي الأحمال العادية حيث I_n :

$$I_m = (5.5 : 8.8) I_n$$

خواص D: وهي للقواطع المستخدمة لحماية الكابلات التي تغذي الأحمال ذات تيارات البدء العالية .

حيث I_n :

$$I_m = (10 : 14) I_n$$

خواص MA: وهي للقواطع المستخدمة لحماية المحركات وهي غير مزودة بحماية حرارية، في حين تكون مزودة بحماية مغناطيسية ثنائية ويكون

$$I_m = 12.5 I_n$$

خواص C: وهي خاصة بقواطع تستخدم في حماية الكابلات التي تغذي الاحمال العادية ، وفيما يلي العلاقة بين تيار الفصل المغناطيسي والتيار المقتن لهذه القواطع:

$$I_m = (7: 10) I_n$$

والجدير بالذكر أن خواص قواطع الدائرة المصغرة الخاضعة للمواصفات العالمية الحديثة IEC 947.2 لا تختلف عن السابقة إلا في رموزها.

فالخواص B الحديثة تقابل الخواص L القديمة، والخواص C الحديثة تقابل الخواص U القديمة، والخواص D والخواص MA الحديثة لا تختلف عن مثيلتها القديمة.

والشكل (٤ - ٨) يعرض ثلاثة خواص للقواطع المصغرة والتي تيارها المقتن أقل من أو يساوي 100kA، أيها المواصفات الإنجليزية والمصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية وهم كما يلي:

خواص (Type2): وتستخدم في حماية الكابلات التي تغذي الاحمال العادية وهي مزودة بحماية ضد زيادة الحمل والتقصير حيث إن:

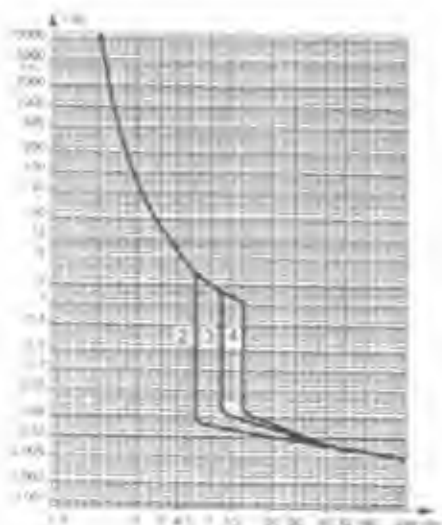
$$I_m = (4:7) I_n$$

خواص (Type3): وتستخدم في حماية الكابلات التي تغذي الاحمال التي لها تيارات بدء عالية وهي مزودة بخواص حرارية ومغناطيسية حيث إن:

$$I_m = (7:10) I_n$$

خواص (Type4): وهي لقواطع تستخدم لحماية كابلات تغذية الاحمال ذات تيارات البدء العالية جداً، ولها خواص حرارية ومغناطيسية حيث إن:

$$I_m = (10: 14) I_n$$



الشكل (٤ - ٨)

تعمل قواطع الجهد المنخفض على توفير الوقاية من زيادة الحمل والقصر والتسرب الأرضي، والخفض الجهد وذلك لأحمال الجهد المنخفض، ويمكن تقسيم هذه القواطع تبعاً لتركيبها إلى:

١- قواطع الدائرة المقولبة Moulded Case C.B'S

وتكون هذه القواطع متكاملة Compact ومغلقة بغلاف بلاستيكي.

وعادة فإن هذه القواطع غير قابلة للفك، ولا يمكن صيانتها واستبدال ريش تلامسها عند التلف، بل تستبدل كلياً وإليارات هذه القواطع تكون عادة أكبر من 100A، وتصل مقنناتها إلى 4000A، وسعة قطعها (تيار القصر الأقصى الذي يمكن فصله) تصل إلى 70KA، علماً بأن هذه القيم تتغير يوماً بعد يوم نتيجة للتطور التكنولوجي في صناعة هذه القواطع.

٢- قواطع الدائرة المفتوحة Open - type CB'S

وتتكون هذه القواطع من مجموعة من الموديولات Modules يمكن استبدالها في أي وقت، كما أن هذه القواطع معدة لصيانتها، وتغيير ريش تلامسها، وتصل التيارات المقننة لهذه القواطع إلى 5000A، وسعة قطعها تصل إلى 250KA، علماً بأن هذه القيم قابلة للتغير مع التطور التكنولوجي.

ويمكن تقسيم قواطع الجهد المنخفض تبعاً لنظام التشغيل إلى:

١- قواطع تعمل بنظام يدوي للفتح وغلق وإحدى وحدة تخزين للطاقة مثل: القواطع المقولبة العادية، حيث تزود بدراع تشغيل قلاب Toggle، أو بدراع تشغيل دوارة Rotary.

٢- قواطع مزودة بدراع يدوية لشحن باي الغلق، حيث يتم شحن باي الغلق بتحريك الدراع حركة ترددية، وبعد شحن الباي والضغط على ضاغط الغلق close يغلق القاطع، وعادة تزود هذه القواطع بنظام ربط ميكانيكي لمنع تشغيل قاطع الفتح Open، والغلق Close في لحظة واحدة.

٣- قواطع بنظام شحن يدوي وكهربائي للطاقة يعمل على شحن باي الغلق كهربائياً

بواسطة ملف أو ملفين كهربيين، ويعمل على شحن ياي الغلق يدوياً بواسطة ذراع يدوي كالنوع السابق، وتوجد أنواع من هذه القواطع تستخدم محرك كهربى فى الشحن الكهربى لياى الغلق، والشكل (٤ - ٩) يعرض ثلاثة أنواع من القواطع المقبولة المصنوعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية.

(الشكل أ) لقاطع بذراع تشغيل قلاب Toggle، و (الشكل ب) لقاطع بذراع تشغيل دوارة Rotary، و (الشكل ج) لقاطع يعمل بمحرك

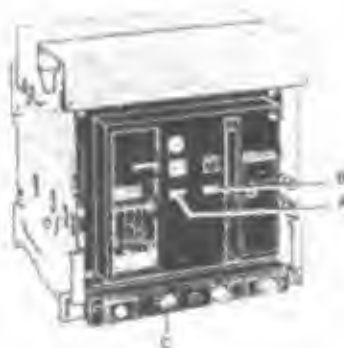


(الشكل ٩ - ٩)

أما الشكل (٤ - ١٠) فيعرض قاطع دائرة من النوع المفتوح Masterpact من إنتاج شركة Merlin Gerin وتكون مزودة بثلاثة مبيّنات وهم كما يلى:

١ - المبيّن A الخاص بوضع الريش الرئيسية للقاطع فيكون المبيّن أخضر فى حالة Off، ولونه أحمر فى حالة ON.

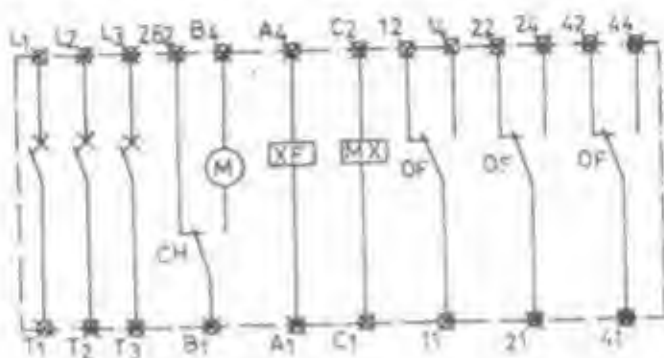
ب- المبيّن B الخاص بحالة الغلق للقاطع فيكون لونه أصفر عند شحن ياي الغلق ومكتوب



(الشكل ١٠ - ٤)

عليه Charged، ويكون لونه أبيض عندما يكون يائى الغلق غير مشحون
ومكتوب عليه discharged .

جـ - المبين C الخاص بوضع CB فعندما يكون القاطع فى وضع الفصل، فإن المبين C يكون لونه أخضر، وعندما يكون القاطع فى وضع الاختيار يكون المبين C لونه أزرق، وعندما يكون القاطع فى وضع التوصيل يكون المبين C لونه أبيض .
والشكل (٤ - ١١) يعرض مخطط توصيل قاطع دائرة مقنوح مزود بمحرك تشغيل .



الشكل (٤ - ١١)

حيث إن :

L1, L2, L3, T1, T2, T3 أطراف الأقطاب الرئيسية

Ch مفتاح نهاية مشوار محرك شحن يائى القطع

OF ريش إضافية قلابة للقواطع

XF ملف غلق القاطع

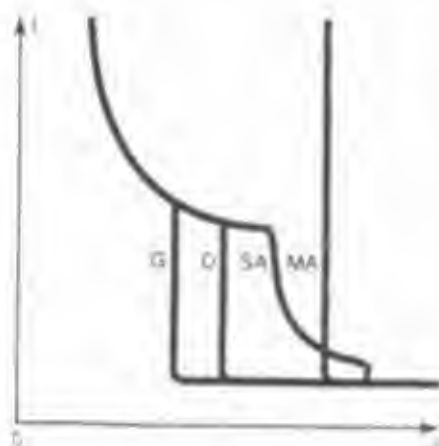
MX ملف فتح القاطع (عنصر فصل التوازي)

٤ / ٣ / ١ - خواص قواطع الدائرة المقولية Compact

الشكل (٤ - ١٢) يعرض ستة منحنيات خواص لقواطع الدائرة المقولية والتي

تياراتها تتراوح ما بين 100:1250A والمصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية وهم كما يلي:

١- قواطع بخواص (Type D): وتزود هذه القواطع بضاغطة تحرير Reset لونه برتقالي، وتستخدم لحماية كابلات تغذية الاحمال العادية، وهي مزودة بحماية حرارية ومغناطيسية ويكون تيار الفصل المغناطيسي ثابت للقواطع التي تيارها اقل من 160A، وقابل للمعايرة للقواطع التي تيارها اكبر من 160A بقيم تتراوح ما بين $I_r = (5:10) I_m$.



الشكل (١ - ١٢)

حيث إن: I_r هو تيار الفصل الحراري
المعاير Thermal trip Current.

٢- قواطع بخواص (Type G): وهي مزودة بضاغطة تحرير أخطر وتستخدم لحماية المولدات والأشخاص والكابلات الطويلة في أنظمة (TN-IT) وهي مزودة بخواص حرارية لحماية الاحمال من زيادة الحمل، وخواص مغناطيسية لحماية الاحمال من القصر، وتكون خواصها المغناطيسية قابلة للمعايرة للقواطع التي تيارها للفنن يساوي 250A، حيث إن $I_m = (2:5) I_r$.

٣- قواطع بخواص (Type MA): وهي مزودة بضاغطة تحرير رصاصي، وتستخدم في حماية المحركات وهي غير مزودة بحماية حرارية ضد زيادة الحمل، ولكن مزودة بحماية مغناطيسية قابلة للمعايرة للقواطع التي تيارها اكبر من 160A حيث إن: $I_m = (6.3:12.5) I_r$.

٤- قواطع بخواص (Type SA): وتكون مزودة بضاغطة تحرير أزرق، وتكون لها خواص تمييز محسنة لمكان القصر ولها حماية ضد زيادة الحمل تشبه الحماية الحرارية للأنواع D, G، وحماية ضد القصر بقيمة ثابتة وبتأخير زمني قصير.

٤/٣/٢ - وحدات الفصل الإلكتروني

تستخدم وحدات الفصل الإلكترونية مع قواطع الدائرة المفتوحة، وكذلك بعض أنواع قواطع الدائرة المقولبة ولها خواص تشبه خواص D, G, SA للمقاطع المقولبة. وستتناول في هذه الفقرة بعض الوحدات الإلكترونية المصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية، ويستخدم في هذه الوحدات عدة نقاط للمعايرة وهم:

1 - نقطة معايرة زيادة الأحمال ذات التأخير الزمني الطويل I_r حيث إن :

$$I_r = X I_o$$

$$I_o = X I_n$$

حيث إن :

I_r	تيار الفصل
I_o	تيار زيادة الحمل
T_n	تيار المغن للمقاطع
X	النسبة المئوية للمعايرة

2 - زمن معايرة التأخير الزمني الطويل t_r .

3 - نقطة معايرة تيار الفصل ذات التأخير الزمني القصير I_m .

4 - زمن الفصل القصير t_m .

5 - تيار الفصل اللحظي I حيث إن $I = X I_n$.

6 - إمكانات إضافية مثل : القياس والبيان.

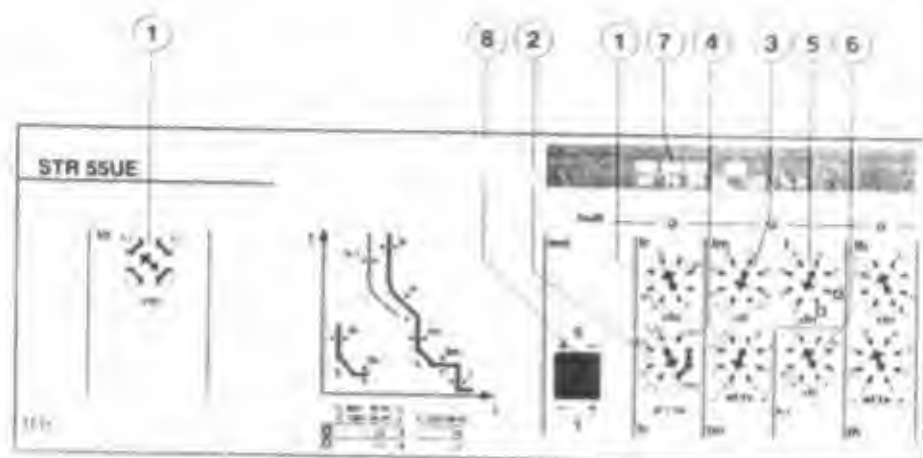
7 - بيان زيادة الحمل.

8 - أطراف اختبار وحدة الفصل الإلكترونية.

9 - نقطة معايرة تيار الفصل عند التسرب الأرضي I_h .

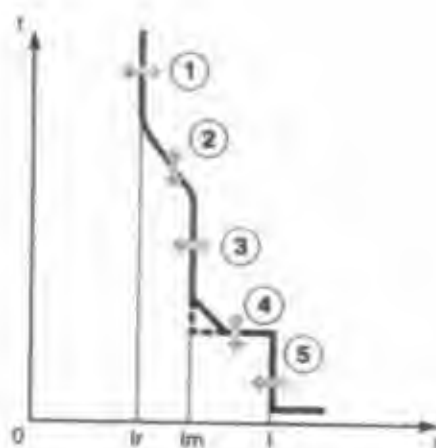
10 - نقطة معايرة زمن الفصل عند التسرب الأرضي t_h .

والشكل (١٣ - ٤) يعرض لوحة نقاط المعايرة للدائرة الإلكترونية STR55UE والمزودة بتسع نقاط معايرة.



الشكل (١٣ - ٤)

والشكل (١٤ - ٤) يعرض منحنى التيار والزمن لوحدة الفصل الإلكترونية STR55UE.

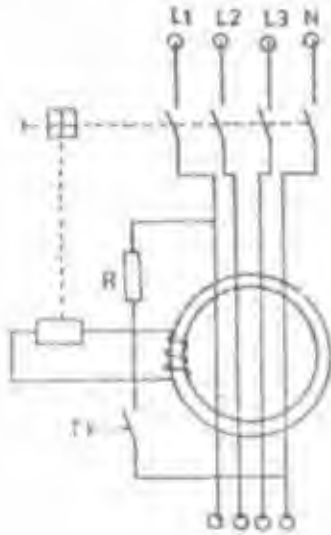


الشكل (١٤ - ٤)

٤ / ٤ - قواطع التسرب الأرضي ELCB'S

يوجد لهذه القواطع عدة مصمميّات مثل: أجهزة التيار المتخلف Red's، ومقطعات العطل الأرضي GFT'S، وقواطع التسرب الأرضي ELCB'S، وتستخدم هذه القواطع لفصل خرج المولد بمجرد تسرب تيار صغير للأرضي قد يصل إلى 6mA لبعض قواطع التسرب الأرضي، علماً بأن تيار التسرب الأرضي قد يكون ناتجاً عن ملامسة الإنسان لأحد الخطوط الكهربائية، وحيث إن هذا التيار صغير ولا يكفي لفصل قواطع الحماية من زيادة التيار أو المصهرات، الأمر الذي يلزم استخدام هذا النوع من القواطع .

والحدير بالذكر أن تيار التسرب الأرضي قد يؤدي إلى حدوث انفجارات وحرائق في الأماكن الخطرة والتي تحتوي على أبخرة قابلة للاشتعال أو الانفجار .



الشكل (٤ - ١٥)

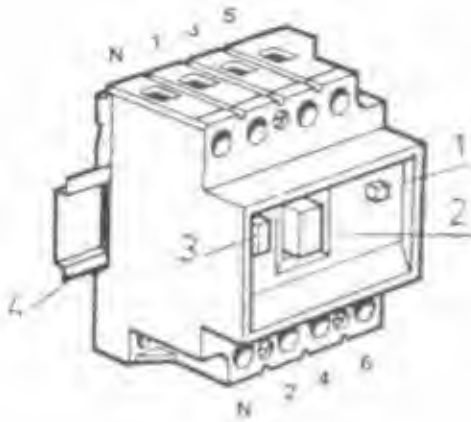
والشكل (٤ - ١٥) يعرض الدائرة الداخلية لقاطع تسرب أرضي بأربعة أقطاب . ويتكون قاطع التسرب الأرضي من محول تيار صفري Zero Current transformer ، ويوصل محول التيار الصفري بريلاى فصل آلة القطع . فعند حدوث تسرب أرضي يصبح مجموع تيارات الأوجه المختلفة والتعادل غير مساو للصفر أي أن:

$$I_d = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_N \neq 0$$

حيث إن: I_d هو تيار التسرب الأرضي، وفي هذه الحالة يعمل الريلاى على فصل آلة فصل القاطع . ويستخدم الضاغط T في اختيار القاطع، فعند الضغط على الضاغط T يمر تيار عبر المقاومة

R من الوجه L إلى خط التعادل N فيفصل القاطع . والشكل (٤ - ١٦) يعرض قاطع تسرب أرضي من النوع المصغر يثبت على قضيب أو ميجا .

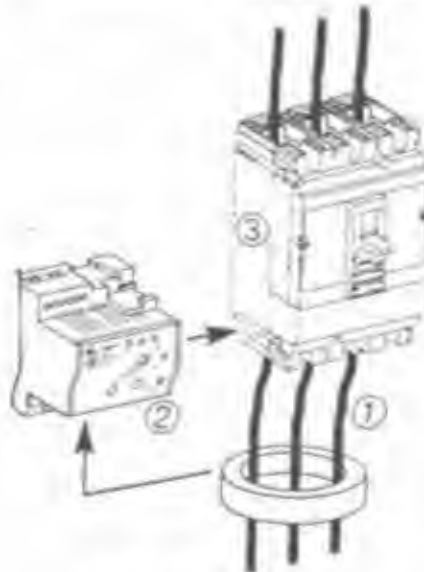
حيث إن :



- 1 ضاغط اختبار القاطع
- 2 مفتاح تشغيل القاطع
- 3 ضاغط تحرير القاطع
- 4 قضيب أوميجا

الشكل (٤ - ١٦)

ويوجد ريليهات تسرب أرضي يمكن استخدامها مع القاطع الرئيسي .
والشكل (٤ - ١٧) يعرض طريقة استخدام ريلاي تسرب أرضي مع قاطع مقولب مع محول صغرى تبعاً لتوصيات شركة Merlin Gerin .



الشكل (٤ - ١٧)

حيث إن :

- 1 المحول الصفري
- 2 ريلاي تسرب أرضي
- 3 قاطع مقولب

٤ / ٥ - ريلاي زيادة التيار Over current relay

يستخدم ريلاي زيادة التيار لفصل قاطع الدائرة أو الكونتاكتور الرئيسى للمولد عند زيادة تيار المولد عن القيمة المعايير عليها الريلاي ، ويتكون ريلاي زيادة التيار من خمسة عناصر مبينة بالشكل (٤ - ١٨) وهم كما يلي :

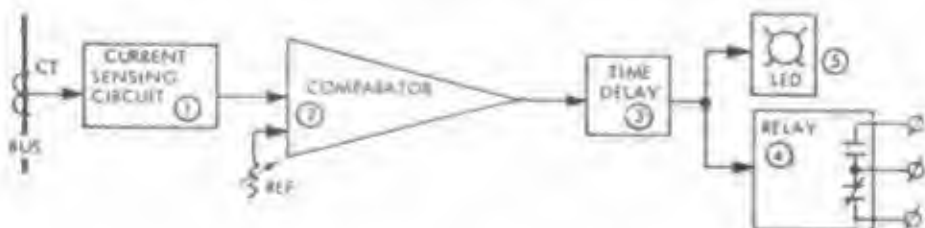
- دائرة الإحساس بالتيار (1) والتي يتم تغذيتها من محول تيار CT مركب على أحد أوجه المولد .

- دائرة مقارنة (2) تعمل على مقارنة الجهد المقابل لتيار الحمل والقادم من دائرة الإحساس بالتيار (1) مع جهد الأساس REF .

- دائرة تأخير زمني (3) Time delay .

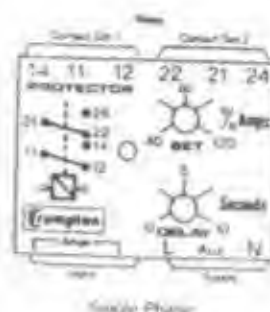
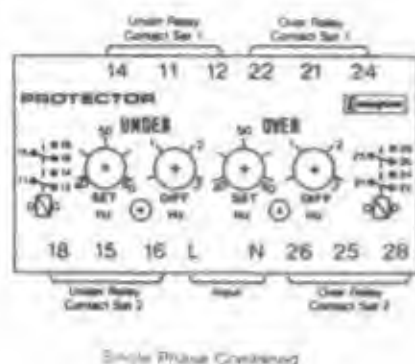
- مفتاح كهرومغناطيسى (4) يعمل عند تعدى تيار الحمل القيمة المعايير عليها ريلاي زيادة التيار وتعدى الزمن المعايير عليه دائرة التأخير الزمنى (3)، ويقوم بعكس حالة ريشه فتتصحح الريشة المفتوحة مغلقة، والريشة المغلقة مفتوحة الأمر الذى يؤدى لفصل قاطع المولد .

- موحد باعث لضوء LED (5) يضىء عند زيادة التيار وعمل الريلاي .



الشكل (٤ - ١٨)

والشكل (٤ - ١٩) يعرض نموذجين الريلاي تيار من إنتاج شركة Crompton ،
 فالشكل (أ) لريلاي زيادة تيار وجه واحد والشكل (ب) لريلاي زيادة / انخفاض
 تيار وجه واحد .



الشكل (٤ - ١٩)

مثال لضبط ريلاي زيادة التيار :

إذا كان تيار المولد 695A يختار محمول تيار له نسبة تحويل 800/5A ، وعادة
 يضبط تيار الفصل عند 110% من التيار المقنن ، وبالتالي بعاير الريلاي عند

$$SET = \frac{695 \times 110}{800} = 96\%$$

وذلك عند التأخير زمني 5S .

٤ / ٦ - ريلاي زيادة الجهد أو انخفاضه under / Over Voltage relay

يستخدم ريلاي زيادة الجهد أو انخفاضه لمراقبة جهد المولدات والقضبان
 العمومية Bus Bars وأنظمة التوزيع .

والشكل (٤ - ٢٠) يعرض مخططاً توضيحياً يبين تركيب ريلاي زيادة الجهد أو
 انخفاضه بتقطعتي معايرة (الشكل أ) ، وآخر بأربع نقاط معايرة (الشكل ب) .

حيث إن :

دائرة الإحساس بالجهد (1) ، والتي يتم تغذيتها إما من محول جهد Voltage transformer أو مباشرة .

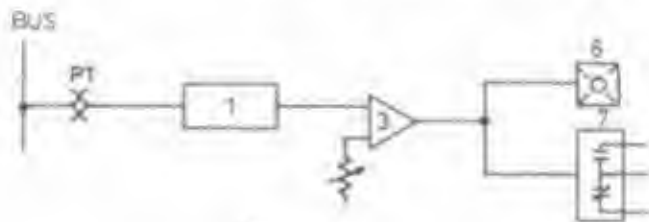
- دائرة مقارنة (2)، (3) تعمل على مقارنة الجهد المقابل لجهد الحمل القادم من دائرة الإحساس بالجهد (1) مع جهد الأساس REF ، والذي يتم ضبطه بواسطة مقاومة متغيرة على وجه الريلاي .

- ريلاي (5) يعمل عند زيادة جهد الحمل عن الجهد المعايير عليه نقطة معايرة الزيادة Over .

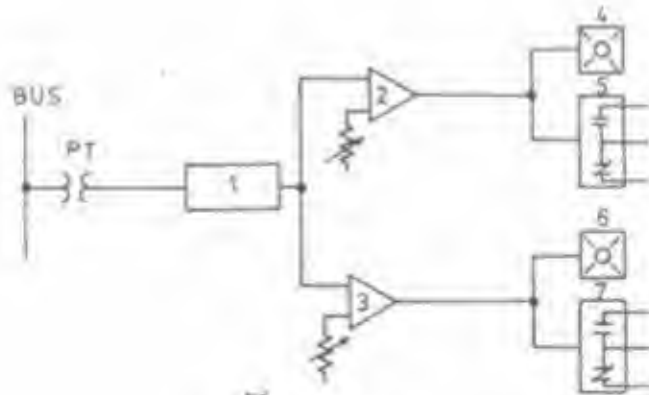
- ريلاي (7) يعمل عند انخفاض جهد الحمل عن الجهد المعايير عليه نقطة معايرة الانخفاض Under .

- موحد مشع (4) يضيء عند عمل الريلاي (5) .

- موحد مشع (6) يضيء عند عمل الريلاي (7) .



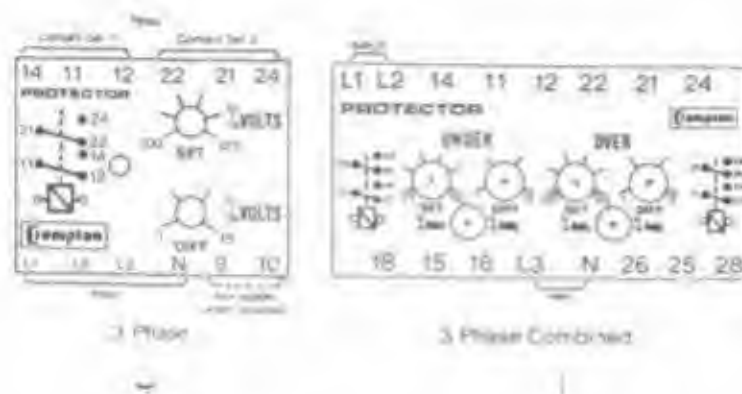
أ



ب

الشكل (٢٠ - ٤)

والشكل (٤ - ٢١) يعرض نموذجين لريلاي جهته، فالشكل (١) لريلاي جهته يعمل مع مصدر ثلاثي الأوجه مزود بأربع نقاط للمعايرة، والشكل (ب) لريلاي جهته يعمل مع مصدر ثلاثي الأوجه مزود بنقطتين للمعايرة من إنتاج شركة Crompton.



الشكل (٤ - ٢١)

والجدير بالذكر أنه توجد زبليات جهته تعمل من مصدر أحادي الوجه تكون مزودة بنقطتين أو أربع نقاط للمعايرة.

ففي (الشكل أ) أربع نقاط للمعايرة وهم:

Over set - معايرة زيادة الجهد

Under set - معايرة انخفاض الجهد

Over diff. - معايرة قيمة التحرير عند الزيادة

Under diff. - معايرة قيمة التحرير عند الانخفاض

أما (بالشكل ب) نقطتين للمعايرة وهم:

Set - معايرة الجهد

diff - معايرة الفرق الذي يعيد الريلاي لوضعه الطبيعي

وتجدر الإشارة إلى أن ريلاي الجهد ذات نقاط المعايرة الأربعة مزود بمفتاح كهرومغناطيسي للزيادة، وآخر للانخفاض. أما ريلاي الجهد ذات نقطتي المعايرة فهو مزود بمفتاح كهرومغناطيسي واحد.

نظرية عمل ريلاي الجهد ذات نقاط المعايرة الأربعة :

نفرض أن :

- معايرة زيادة الجهد عند 110% .

- معايرة انخفاض الجهد عند 90% .

- معايرة فرق الزيادة عند 5% .

- معايرة فرق الانخفاض عند 5% .

فيكون المفتاح الكهرومغناطيسي الخاص بانخفاض الجهد في حالة تشغيل ON عندما يكون جهد أطراف المولد عند القيمة المقتنة له 100%، في حين يكون المفتاح الكهرومغناطيسي الخاص بارتفاع الجهد في حالة فصل OFF.

وعند انخفاض جهد أطراف المولد عن 90% فإن المفتاح الكهرومغناطيسي الخاص بالانخفاض سوف يصبح في حالة فصل OFF، أما إذا ارتفع الجهد بالقيمة المعايير عليها فرق الانخفاض ليصبح 95% يعود المفتاح الكهرومغناطيسي الخاص بالانخفاض لحالة التشغيل مرة أخرى.

وبالمثل فإن المفتاح الكهرومغناطيسي الخاص بارتفاع الجهد يصبح في حالة تشغيل ON عند ارتفاع جهد المولد إلى 110%، وإذا انخفض الجهد ليصبح 105% يعود المفتاح الكهرومغناطيسي الخاص بارتفاع الجهد لحالة OFF مرة أخرى وهكذا.

نظرية عمل ريلاي انخفاض الجهد ذو نقطتي المعايرة :

نفرض أن معايرة الجهد عند 90%، ومعايرة الفرق عند 5%.

في هذه الحالة يصبح المفتاح الكهرومغناطيسي للريلاي في حالة ON، عندما يكون جهد أطراف المولد عند القيمة المقتنة له 100%، وبمجرد انخفاض الجهد عن 90% من الجهد المقتن يصبح المفتاح الكهرومغناطيسي للريلاي في حالة OFF،

ويظل على هذا الحال إلى أن يرتفع الجهد ليصبح 95% فيعود المفتاح الكهربائي للمغناطيسي للريلاي لحالة ON. وتتوفر ريليات جهد مزودة بنقطتين للمعايرة للعمل كريليات ارتفاع جهد فقط.

والجدير بالذكر أن ريليات الجهد تتوفر في الأسواق عند جهود تشغيل مختلفة مثل :

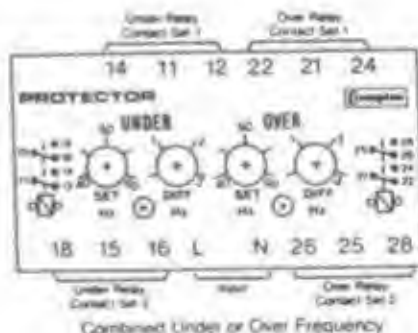
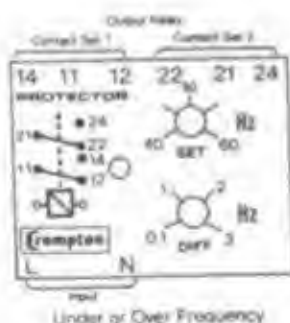
(100, 200, 380, 450).

فإذا كان جهد أطراف المولد أكبر من جهد تشغيل الريلاي لابد من استخدام محول جهد.

٤ / ٧ - ريلاي التردد Frequency relay

يستخدم ريلاي التردد لمراقبة تردد المولدات والقضبان وأنظمة التوزيع ولا يختلف التركيب الداخلي لريلاي التردد لتزود بنقطتين معايرة عن الشكل (٤ - ٢٠)، وكذلك لا يختلف التركيب الداخلي لريلاي التردد المزود بأربع نقاط معايرة عن الشكل (٤ - ٢٠) عدا أن دوائر إحساس الجهد نستبدل بدوائر إحساس للتردد.

والشكل (٤ - ٢٢) يعرض نموذجاً لريلاي تردد بأربع نقاط للمعايرة (الشكل أ)، وريلاي تردد بنقطتين للمعايرة (الشكل ب). من إنتاج شركة Crompton.



الشكل (٤ - ٢٢)

ففى (الشكل أ) أربع نقاط للمعايرة وهم:

- معايرة زيادة التردد Over Set
- معايرة انخفاض التردد Under Set
- معايرة قيمة الفرق عند الزيادة Over diff
- معايرة قيمة الفرق عند الانخفاض Under diff

وفى (الشكل ب) نقطتين للمعايرة وهم:

- معايرة التردد set
- معايرة الفرق الذى يعيد الريلاى لوضعه الطبيعى diff

ففى حالة ريلاى انخفاض التردد تصبح Set هي نقطة معايرة الانخفاض، أما diff تصبح لنقطة معايرة قيمة التحرير (الفرق) عند الانخفاض.
وفى حالة ريلاى زيادة التردد تصبح Set هي نقطة معايرة الزيادة، أما diff تصبح نقطة معايرة قيمة التحرير (الفرق) عند الزيادة.

مثال لمعايرة ريلاى زيادة / انخفاض التردد:

إذا كان تردد المولد 50HZ يمكن ضبط الريلاى بالطريقة التالية:

معايرة الزيادة 53HZ

معايرة الانخفاض 47HZ

معايرة فرق الزيادة 2HZ

معايرة فرق الانخفاض 2HZ

فعند تردد 50HZ يكون المفتاح الكهرومغناطيسى للزيادة فى حالة Off، ويكون المفتاح المغناطيسى للانخفاض فى حالة ON.

وعند تردد 53HZ يكون المفتاح الكهرومغناطيسى للزيادة فى حالة ON، ويظل المفتاح الكهرومغناطيسى للانخفاض فى حالة ON.

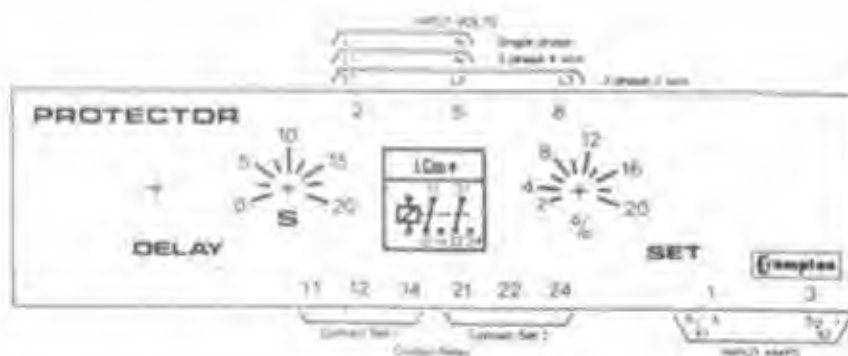
وعند تردد 47HZ يكون المفتاح الكهرومغناطيسى للزيادة والانخفاض فى حالة Off.

٨ / ٤ - ريلاي انعكاس القدرة Reverse Power relay

يستخدم ريلاي انعكاس القدرة مع المولدات لمراقبة انعكاس القدرة، فعند انعكاس القدرة على أحد المولدات نتيجة لمشكلة فى ماكينة الديزل، يتم فصل قاطع المولد، وذلك من أجل المحافظة على ماكينة الديزل؛ لأن انعكاس القدرة يؤدي لدوران المولد كمحرك مما يؤدي لتلف ماكينة الديزل.

ويقوم ريلاي انعكاس القدرة بمقارنة التيار مع الجهد، وذلك من أجل تحديد $\cos\phi$ ، فإذا كانت هذه القيمة سالبة وتعدت النسبة المئوية (2:20%) يضيء موحّد مشع ويبدأ مؤقت زمنى فى العمل، وعند انتهاء الزمن المعايير عليه المؤقت الزمنى، فإن المفتاح المغناطيسى للريلاي سوف يقوم بعكس حالة ريشته.

والشكل (٤ - ٢٣) يعرض ريلاي انعكاس قدرة من إنتاج شركة Crompton.



الشكل (٤ - ٢٣)

ويلاحظ أن الريلاي مزود بنقطة معايرة للتيار كنسبة مئوية من التيار المقنن SET، ويتراوح ما بين (2:20%) In، ونقطة معايرة زمن التأخير DELAY، ويتراوح زمن التأخير ما بين (0:20S).

مثال:

مولد له تيار مقدر 714A عند معامل قدرة 0.8؛ لذلك فإن

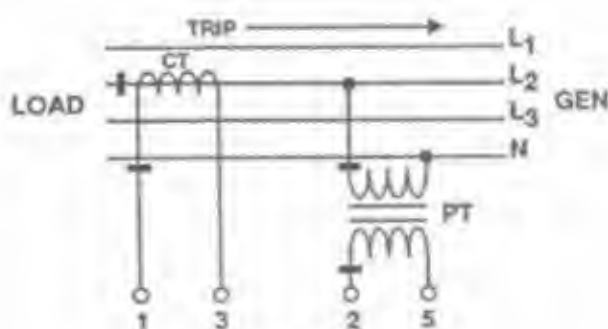
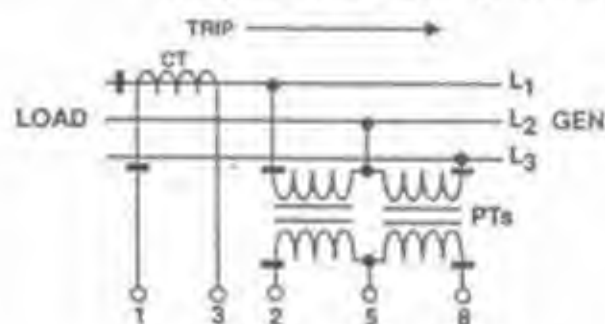
$$I \cos \phi = 714 \times 0.8 = 571A$$

باختيار محول تيار له نسبة تحويل 800/5A فإن قيمة SET تساوى

$$SET = \frac{8 \times 571}{800} = 5.71\%$$

ويقتبط زمن التأخير عند 10 Sec.

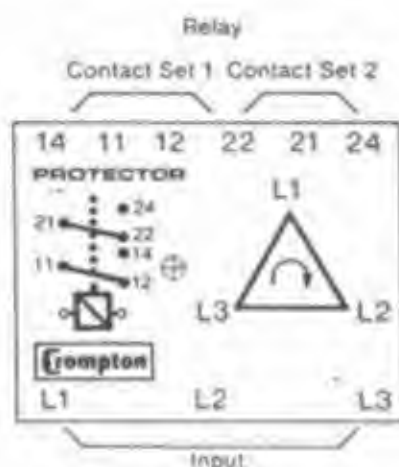
والشكل (٤ - ٢٤) يبين مخطط توصيل أطراف ريلاي انعكاس القدرة المزود بدائرة دخل ثلاثية الوجة (الشكل أ)، ومخطط توصيل أطراف ريلاي انعكاس القدرة المزود بدائرة دخل أحادية الوجة (الشكل ب).



الشكل (٤ - ٢٤)

Phase Sequence & Phase Failure

يستخدم هذا الريلاي لحماية أحمال المولدات الكهربائية من تغيير تتابع الأوجه أو فقدان أحد الأوجه الذي يسبب في الأنهيار الكهربى أو الميكانيكى للأحمال، وكذلك قد يعرض الأشخاص إلى خطورة بالغة من جراء انعكاس اتجاه دوران المحركات. والشكل (٤ - ٢٥) يعرض نموذجاً لريلاي انعكاس الأوجه من إنتاج شركة Crompton.



الشكل (٤ - ٢٥)

نظرية عمل الريلاي :

فى الحالة الطبيعية لتتابع الأوجه L_1, L_2, L_3 فإن المفتاح الكهربى مغناطيسى للريلاي يكون فى حالة ON. أما عند انعكاس تتابع الأوجه مثل L_1, L_3, L_2 فإن المفتاح الكهربى مغناطيسى للريلاي سيصبح فى حالة OFF، ويظل هكذا طالما أن تتابع الأوجه مازال غير صحيح. وكذلك عند فقدان أحد الأوجه أو انخفاض جهد أحد الأوجه عن 70% من القيمة المقننة لجهد عمل الريلاي، فإن المفتاح الكهربى مغناطيسى للريلاي سيصبح فى حالة OFF، ويضىء موحّد مشع LED عند عمل المفتاح الكهربى مغناطيسى.

٤ / ١٠ - ريلاي اتزان الأوجه Phase balance relay

ويقوم هذا الريلاي بتوفير الحماية اللازمة عند حدوث أحد المشاكل التالية:

١ - فقدان أحد الأوجه .

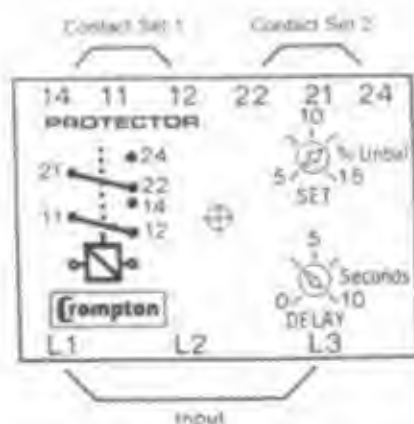
٢ - انعكاس وجه مكان آخر .

٣ - تغير تتابع الأوجه .

٤ - عدم اتزان الأوجه .

٥ - انخفاض جهد المولد .

فعند حدوث أحد المشاكل السابقة يصبح المفتاح الكهربومغناطيسى للريلاي فى حالة OFF، ويؤود الريلاي بنقطة لمعايرة زمن التأخير المسموح به حتى لا يستجيب الريلاي عند حدوث اهتزازات فى المصدر الكهربى - والشكل (٤ - ٢٦) يعرض المسقط الرأسى لريلاي اتزان أوجه من إنتاج شركة Crompton .



الشكل (٤ - ٢٦)

ويلاحظ أن الريلاي مزود بنقطة لمعايرة النسبة المئوية لعدم اتزان الجهد SET، ويمكن معايرة الريلاي عند عدم اتزان يتراوح ما بين 5:15% من الجهد المقتن للريلاي .

ونقطة لمعايرة زمن التأخير DELAY ، ويتراوح زمن التأخير المسموح به ما بين
(0:10 Sec) -

٤ / ١١ - ريلاي ارتفاع درجة الحرارة Over temperature relay

تتواجد ريليهات ارتفاع درجة الحرارة في عدة صور مثل:

١ - ريلاي ارتفاع درجة الحرارة بمدخل واحد Thermistor relay .

٢ - ريلاي ارتفاع درجة الحرارة بثلاثة مداخل Hot Spot 3 relay .

٣ - ريلاي ارتفاع درجة الحرارة بستة مداخل Hot Spot 6 relay .

٤ / ١١ / ١ - ريلاي ارتفاع درجة الحرارة ذو المدخل الواحد

ويستخدم ريلاي ارتفاع درجة الحرارة ذو المدخل الواحد لحماية المولدات والمحركات من ارتفاع درجة حرارتها، حيث يوصل بهذا الريلاي مقاومات حرارية لها معامل حراري موجب PTC ، موصلة على التوالي ومدفونة داخل ملفات المولد أو المحرك (حيث يخصص لكل وجه مقاومة حرارية)، وتكون المقاومة المحصلة لمقاومات PTC المدفونة في الملفات حوالي 1500Ω عند الظروف الطبيعية، وعند ارتفاع درجة حرارة الملفات تزداد قيمة المقاومة المحصلة لمقاومات PTC ، وعند وصول قيمتها إلى $(2500;3500\Omega)$ يحدث فصل للمفتاح الكهرومغناطيسي للريلاي.

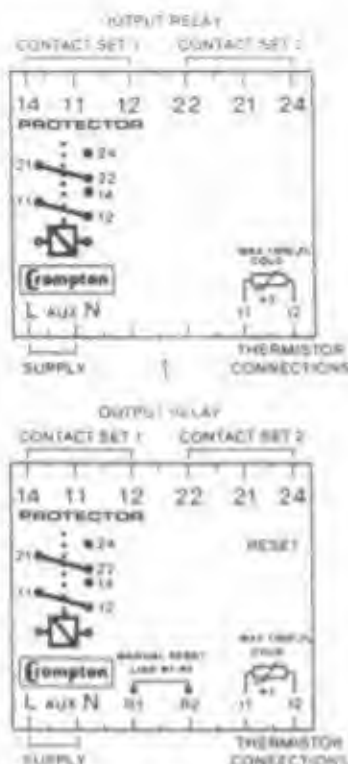
ويتواجد هذا النوع من الريليهات في صورتين وهما:

١ - ريلاي ارتفاع درجة الحرارة ذو المدخل الواحد يتحرر ذاتياً:

فعند انخفاض درجة حرارة الملفات ووصول قيمة المقاومة المحصلة لمقاومات PTC إلى قيمة تتراوح ما بين $(1500;2300\Omega)$ يحدث تحرير ذاتي للريلاي، ويعود المفتاح الكهرومغناطيسي للريلاي لحالة ON مرة أخرى.

٢ - ريلاي ارتفاع درجة الحرارة ذو المدخل الواحد مزود بوسيلة تحرير يدوية:

ويزود هذا الريلاي إما بضابط تحرير RESET على وجه الريلاي، أو يتم توصيل ضابط خارجي لتحرير الريلاي، فعند انخفاض درجة حرارة الملفات، ووصول قيمة



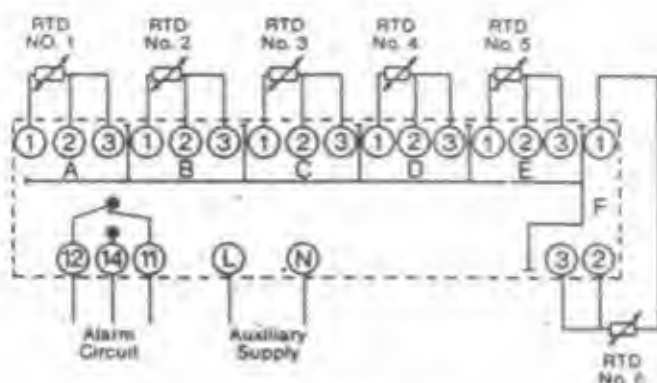
الشكل (٢٧-٤)

المقاومة المحصلة لمقاومات PTC إلى قيمة تتراوح ما بين (1500:2300Ω) وعند الضغط على ضاغط التحرير RESET، يعود المفتاح الكهرومغناطيسي للريلاي لحالة ON مرة أخرى.

والشكل (٤ - ٢٧) يعرض المسقط الرأسى للريلاي ارتفاع درجة الحرارة بمدخل واحد يتحرر ذاتياً (الشكل أ)، ويتحرر بواسطة ضاغط يدوي على وجه الريلاي، وآخر يتم توصيله من بعد (الشكل ب) من إنتاج شركة Crompton.

٤ / ١١ / ٢ - ريلاي ارتفاع درجة الحرارة Hot Spot 6 Relay

ويقوم هذا الريلاي بمراقبة درجة الحرارة في ست مناطق مختلفة من المولدات الكهربائية، على مسيل المثال مراقبة درجة حرارة الملفات المختلفة، حيث يذفن في كل ملف مجس على هيئة مقاومة حرارية RTD، وهذا الريلاي مزود بنقطة لمعايرة درجة حرارة الفصل لكل منطقة. والشكل (٤ - ٢٨) يعرض المسقط الرأسى للريلاي ارتفاع درجة الحرارة بستة مداخل من إنتاج شركة Crompton.



الشكل (٢٨ - ١)

نظرية عمل الريلاى :

يمثل المقاومة الحرارية RTD لكل منطقة ضلع من اضلاع قنطرة، فعند تغير درجة الحرارة تتغير RTD ويحدث عدم اتزان للقنطرة، ويتم تكبير فرق الجهد الناتج عن عدم اتزان القنطرة بواسطة مكبر عمليات، ويتم مقارنة خرج كل مكبر بجهد المرجع المقابل لدرجة حرارة الفصل المعايير عليها RTD، للمنطقة، ويتم تشغيل مفتاح كهرومغناطيسى بواسطة خرج بوابة OR لها ستة مداخل للمناطق الستة، حيث يعمل المفتاح الكهرومغناطيسى عند ارتفاع درجة حرارة أحد المقاومات الحرارية RTD للمناطق الستة على الأقل. وكذلك يعمل المفتاح الكهرومغناطيسى إذا حدث فتح فى أحد عناصر RTD.

والجدير بالذكر أنه فى حالة عدم استخدام أحد المداخل A:F يجب عمل قصر على الأطراف الثلاثة 1,2,3 للمدخل غير المستخدم.

وعادة تستخدم مقاومات حرارية من البلاتين مقاومتها 100Ω ، أو مقاومات من النحاس مقاومتها 10Ω .

٤ / ١٢ - ريلاى فقدان المجال Excitation Loss relay

عند تشغيل المولدات على الشوازى، وعند انخفاض تيار مجال أحد المولدات فإن

تيار حتى سوف يدور بين المولدات، وهذا التيار يمكن اكتشافه بواسطة هذا الريلاي، ويعمل هذا الريلاي بفصل قاطع المولد الذي انخفض تيار مجاله؛ علماً بأنه يخصص لكل مولد ريلاي فقدان مجال.

ويقوم ريلاي فقدان المجال بمقارنة التيار مع الجهد للحصول على قيمة $I \sin \phi$ ، فإذا كانت هذه القيمة حثية، ونعدت القيمة $I_N (1.5:0.5)$ تضيء لمبة البدء للريلاي Pick Up، ويعمل المؤقت الزمني للريلاي على تأخير فصل المفتاح الكهرومغناطيسي للريلاي زمن يتراوح ما بين $(2:20 \text{ Sec})$ تبعاً للزمن المعايير عليه الريلاي، وعند انتهاء الزمن المعايير عليه الريلاي يتحول المفتاح الكهرومغناطيسي للريلاي لحالة ON، ويضيء موحد مشع.

وعادة يتم معايرة الريلاي على تيار يساوي 100% من التيار المقتن للمولد I_N .

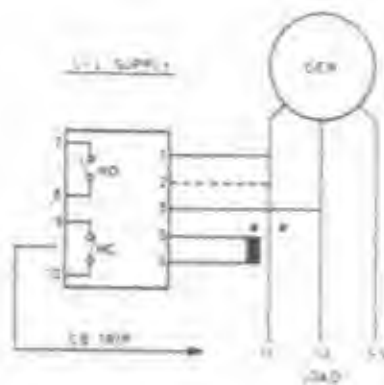
مثال:

مولد تياره المقتن 714A، واستخدم محول تيار له نسبة تحويل 800/SA فإن:

$$SET = \frac{714}{800} = 0.9 I_N$$

وعادة يتم ضبط زمن تأخير ريلاي فقدان المجال على زمن تأخير أقل من زمن تأخير ريلاي زيادة التيار، وإلا فإن الأخير سيفصل أولاً.

والشكل (٤ - ٢٩) يبين مخطط توصيل ريلاي فقدان المجال من صناعة شركة SELCO. ويلاحظ أن الريشة المعلقة NC للريلاي يتم توصيلها بدائرة الفصل للفقاطع الرئيسي للمولد، وتوصل النقطة 1 أو النقطة 2 بالوجه الذي يوضع فيه محول التيار.



الشكل (٤ - ٢٩)

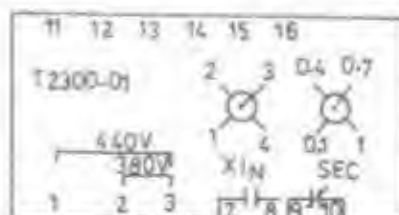
١٣ / ٤ - ريلاي دائرة القصر Short Circuit relay

يستخدم هذا الريلاي في حماية المولدات من القصر حيث يقوم الريلاي باكتشاف أعلى تيار من تيارات الأوجه الثلاثة، فإذا تعدت هذه القيمة المعايير عليها الريلاي، فإن الموحّد المشع الخاص بالبند Pick Up يضيء ويبدأ المؤقت بالعمل، وبعد انتهاء زمن المؤقت يفصل المفتاح المغناطيسي للريلاي، والذي يكون في حالة تشغيل في ظروف التشغيل العادية.

والجدير بالذكر أن هذا الريلاي يستخدم عادة عند استخدام كونتاكتور رئيسي لوصل وفصل المولد بدلاً من قاطع الدائرة CB.

والشكل (٤ - ٣٠) بين المسقط الرأسي لريلاي دائرة القصر والمصنع بشركة

SELCO.



الشكل (٤ - ٣٠)

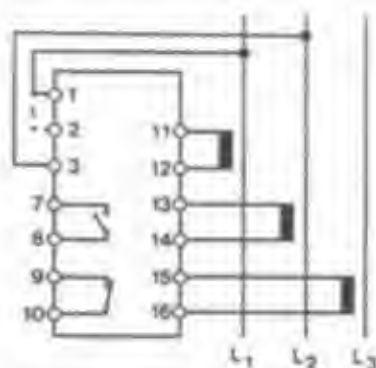
مثال:

لضبط ريلاي دائرة القصر:

إذا كان تيار المولد 695A، وكانت نسبة تحويل محول التيار المستخدم 800/5A، فإن النسبة المثوية لتيار القصر عند القصر باعتبار أن تيار الفصل يساوى 3IN تساوى:

$$= \frac{3 \times 695}{800} = 2.61I_N$$

والشكل (٤ - ٣١) يبين مخطط توصيل ريلاي دائرة القصر مع خرج المولد.

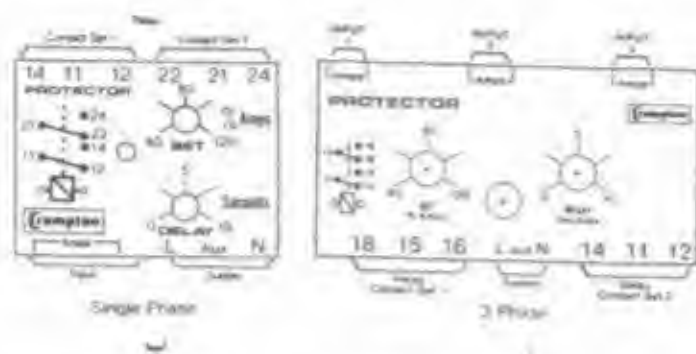


الشكل (٤ - ٣١)

٤ / ١ - ريلاي زيادة التيار Over Current relay

ويقوم هذا الريلاي بحماية المولدات من زيادة التيار، حيث يكتشف أعلى تيار من تيارات الاوجة الثلاثة، فإذا تعدت القيمة المعايير عليها الريلاي يعمل المؤقت، وبعد انتهاء زمن مؤقت الريلاي يفصل المفتاح الكهربومغناطيسى للريلاي والذي يكون فى حالة تشغيل فى ظروف التشغيل العادية. وعادة يستخدم هذا الريلاي عند استخدام كونشاكثور رئيسى لوصل وفصل المولد بدلاً من قاطع الدائرة CB.

والشكل (٤ - ٣٢) يبين المسقط الرأسى لريلاي زيادة التيار من إنتاج شركة Crompton ثلاثة أوجه (الشكل أ) ، ووجه واحد (الشكل ب) .



الشكل (٤ - ٣٢)

ويزود ريلاي زيادة التيار بنقطتين للمعايرة وهما:

SET نقطة معايرة التيار كنسبة مئوية من التيار المقنن للريلاي

DELAY نقطة معايرة التأخير الزمني

مثال:

لضغط ريلاي زيادة التيار:

إذا كان التيار المقنن للمولد 695A ، واستخدم محوّل تيار له نسبة تحويل 800/5A ، فإذا أردنا أن يكون حد الفصل عند 1.1 من التيار المقنن للمولد فإن:

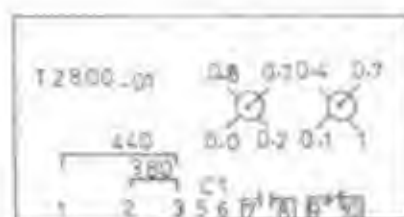
$$SET = \frac{1.1 \times 695}{800} = 0.96IN$$

٤ / ١٥ - ريلاي التسرب الأرضي Earth Fault relay

يستخدم هذا الريلاي لحماية المولد من التسرب الأرضي، أى اتصال أحد الأوجه مع الأرض غير مقاومة كبيرة، فإذا كان تيار التسرب أكبر من القيمة المعايير عليها

الجهاز والتي تتراوح ما بين (0.02; 2In) بضوء الموحد المشع للبدء Pick Up، ويبدأ مؤقت الريلاي في العمل، وبعد زمن التأخير المعايير عليه المؤقت والذي تتراوح ما بين (0.1; 1S) يعمل المفتاح الكهرومغناطيسي للريلاي.

والشكل (٤ - ٣٣) يعرض المسقط الرأسي لريلاي تسرب أرضي من إنتاج شركة SELCO.



الشكل (٤ - ٣٣)

ويزود ريلاي التسرب الأرضي بنقطتين للمعايرة وهما:

- نقطة معايرة تيار التسرب كنسبة مئوية من التيار المقنن للريلاي والذي يتراوح ما بين (0.02; 0.2In).

- نقطة معايرة زمن التأخير الزمني والذي يتراوح ما بين (0.1; 1Sec).

مثال لضبط ريلاي التسرب الأرضي:

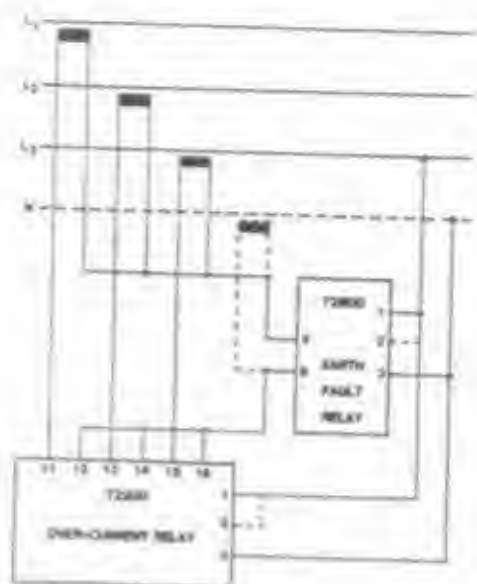
مولد له تيار مقنن 695A واستخدم محول تيار له نسبة تحويل 800/5A، فإذا أردنا أن يكون حد الفصل لتيار التسرب يساوي 0.1 من التيار المقنن للمولد، فإن النسبة المثوبة لتيار الفصل الذي يعاير عليه الريلاي يساوي

$$\frac{0.1 \times 695}{800} = 0.08 \text{ In}$$

ويتم ضبط زمن التأخير عند (0.5Sec).

والشكل (٤ - ٣٤) يبين مسخطة توصيل ريلاي زيادة تيار Over- Current

وريلاى تسرب ارضى Earth Fault، من إنتاج شركة SELCO مع خرج المولد.



الشكل (٤ - ٣٤)

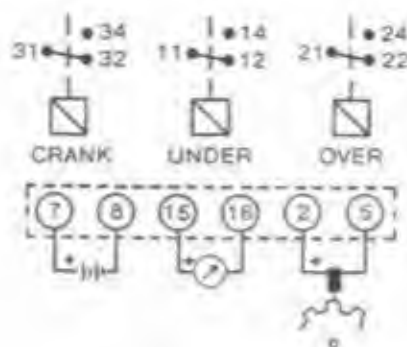
٤ / ١٦ - ريلاي السرعة Speed Sensing relay

تستخدم ريليات زيادة السرعة لعدة أغراض مثل:

- ١ - فصل محرك بدء ماكينة الدبزل عند حمل ماكينة الدبزل.
- ٢ - مراقبة انخفاض السرعة.
- ٣ - مراقبة زيادة السرعة.

وستناول في هذه الفقرة ريلاي سرعة من إنتاج شركة Crompton ، حيث يتم توصيل ريلاي السرعة بحجس سرعة Magnetic pick up [ارجع للفقرة ٢-٥ ، الشكل (٢٠ - ٢)] .

والشكل (٤ - ٣٥) يعرض مخطط التوصيل لريلاي السرعة والذي من إنتاج شركة Crompton .



الشكل (٤ - ٣٥)

ويحتوى الريلاى على ثلاثة مفاتيح كهرومغناطيسية داخلية كل منها مزودة بريشة قلاب وهم كما يلى:

١- مفتاح كهرومغناطيسى للبدا Crank ويعمل المفتاح عند وصول سرعة الماكينة عند البدء للسرعة المعايير عليها نقطة CRANK والتي تتراوح ما بين 10:50% من السرعة المقننة للريلاى.

٢- مفتاح كهرومغناطيسى لانخفاض السرعة Under، ويفصل عند انخفاض سرعة الماكينة عن السرعة المعايير عليها نقطة Under والتي تتراوح ما بين 50:100% من السرعة المقننة للريلاى السرعة.

٣- مفتاح كهرومغناطيسى لارتفاع السرعة Over، ويفصل عند زيادة سرعة الماكينة عن السرعة المعايير عليها نقطة Over، والتي تتراوح ما بين 100:130% من السرعة المقننة للريلاى.

ويوصل مجس السرعة magnetic pick up مع النقاط 2,5، ويوصل عداد سرعة مع النقاط 15,16، وتوصل أطراف البطارية بين النقاط 7,8.

مثال: لضبط ريلاى السرعة:

مولد سرعته 1500RPM يتم إدارته بماكينة ديزل، بحيث أن عدد أسنان ترس

الحدافة لها 120 سنة، وبالتالي يصبح التردد الخارج من مجس السرعة مساوياً:

$$F = \frac{n \times N}{60}$$
$$= \frac{120 \times 1500}{60} = 3000 \text{ HZ}$$

فإذا استخدم ريلاي سرعة له تردد مقنن 4000HZ، فإنه يمكن ضبط نقطة معايرة Crank عند 40% من السرعة المقننة للماكينة أى أن:

$$\text{Crank} = \frac{40 \times 3000}{4000} = 30 \%$$

ويمكن ضبط نقطة معايرة انخفاض السرعة عند 90% من السرعة المقننة للماكينة أى أن:

$$\text{Under} = \frac{90 \times 3000}{4000} = 67.5 \%$$

ويمكن ضبط نقطة معايرة زيادة السرعة عند 110% من السرعة المقننة للماكينة أى أن:

$$\text{Over} = \frac{110 \times 3000}{4000} = 82.5\%$$

الباب الخامس

أجهزة التحكم فى وحدات التوليد
العاملة بماكينات الديزل

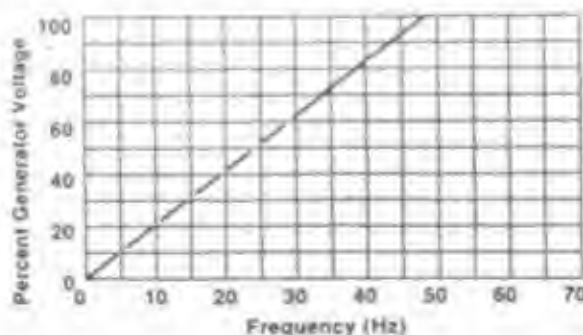
أجهزة التحكم فى وحدات التوليد العاملة بماكينات الديزل

٥ / ١ - منظمات الجهد Voltage Regulators

يقوم منظم الجهد بالمحافظة على ثبات جهد الخرج للمولد مهما تغير الحمل .
وتختلف منظمات الجهد تبعاً لنوع المولد ويمكن تقسيم منظمات الجهد بصفة عامة إلى:

- ١ - منظمات جهد لمولدات بدون فرش كربونية وتتغذية ذاتية.
 - ٢ - منظمات جهد لمولدات بدون فرش كربونية وتتغذية منفصلة .
- ولقد استطاعت الشركات المصنعة لمنظمات الجهد إضافة إمكانيات أخرى لهذه المنظمات مثل:

- ١ - تحديد التيار الأقصى لخرج المولد .
- ٢ - تخفيض جهد خرج المولد تبعاً لمعامل قدرة المولد، وهذه الخاصية تسمى Inductive Droop، وهي مفيدة جداً عند التوصيل على التوازي، كما سيوضح فيما بعد .



الشكل (٥ - ١)

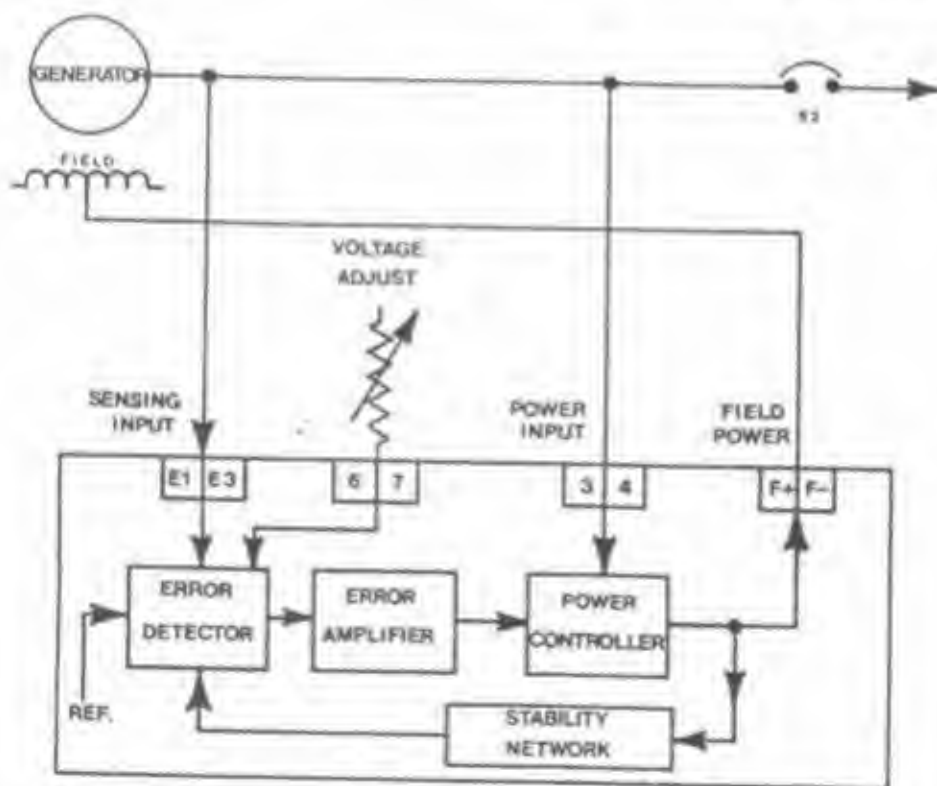
٣ - تخفيض جهد خرج المولد تبعاً لتردد خرج المولد Frequency Compensation
كما بالشكل (٥ - ١) والذي يعرض العلاقة بين النسبة المئوية للجهد أطراف
المولد (المحور الرأسي) وتردد المولد (HZ) (المحور الأفقي) لمولد تردده 50HZ.

٤ - دائرة لفصل المولد عند زيادة جهد ملف مجال المولد Over excitation shut
.down

٥ - دائرة لإعادة المغناطيسية المتبقية للمولدات ذات التغذية الذاتية Flash over
.Circuit

٥ / ١ / ١ - منظمات جهد المولدات ذات التغذية الذاتية

الشكل (٥ - ٢) يبين اقحطط الصندوقى لنظفم جفد من صناعدة شركة Basler
Electric الأمريكية.



الشكل (٥ - ٢)

ويتكون المنظم داخلياً من :

١ - دائرة الإحساس Sensing Circuit

وتتكون من محول يعمل على تحقيق جهد الخرج للمولد التزامني، ثم توحيد خرج المحول بواسطة مجموعة من الموحّدات، وتنعيم خرج الموحّدات بمجموعة من المكثفات والملفات الخائفة.

٢ - دائرة الخطأ Error detector

وتقوم هذه الدائرة بإيجاد الفرق بين جهد المرجع REF الذي تم معايرته بواسطة مقاومة متغيرة والجهد الخارج من دائرة الإحساس.

٣ - مكبر الخطأ Error amplifier

ويعمل على تكبير خرج دائرة الخطأ والذي يمثل الفرق بين جهد المرجع والجهد المقابل لخرج المولد (Generator).

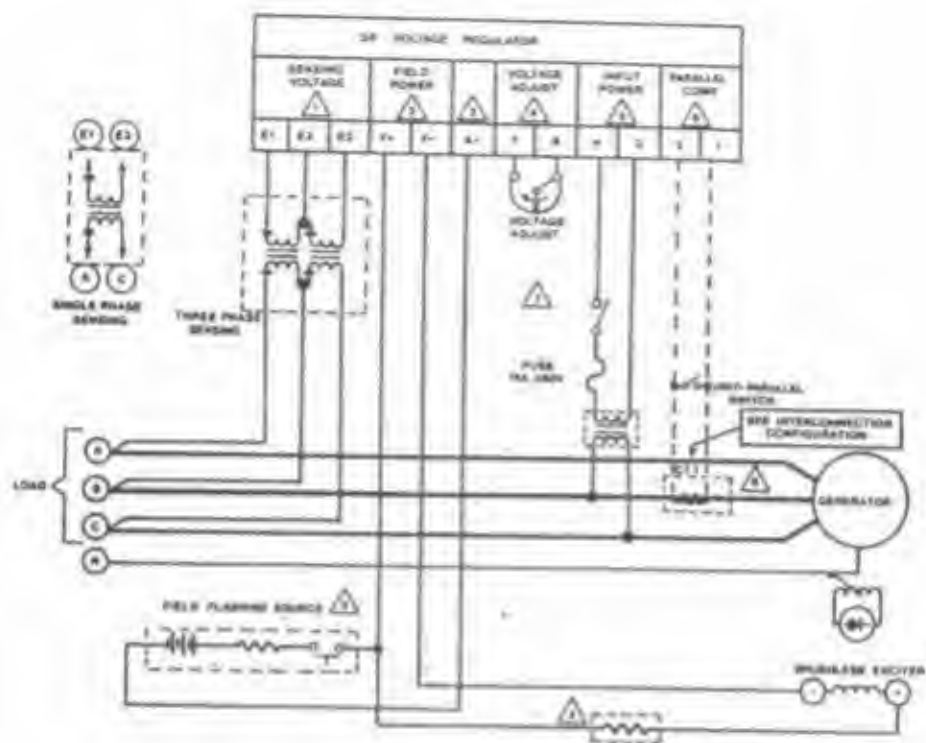
٤ - منظم القدرة Power Controller

ويتكون هذا المنظم إما منظم تناسبي، أو منظم تناسبي تكاملي، أو منظم تناسبي تفاضلي تكاملي، ويعمل على التحكم في جهد أطراف مجال مولد الإثارة تبعاً لخرج مكبر الخطأ.

٥ - دائرة الاستقرار Stability network

وهذه الدائرة تمنع حدوث تذبذب في خرج منظم القدرة للموصول لحالة الاستقرار في جهد خرج المولد.

والشكل (٥ - ٣) يبين مخطط توصيل منظم الجهد طراز SR4A من صناعة شركة Basler Electric Co.



الشكل (٥ - ٣)

حيث إن:

1 أطراف التغذية المرتدة $E1, E2, E3$: ويتم توصيلها مع محول ثلاثي الأطراف إذا كان جهد أطراف المولد التزامني يختلف عن الجهد المقنن لدخول التغذية المرتدة والمعطاة من قبل الشركة، ويمكن استخدام محول جهد أحادي الوجه، حيث يوصل أطراف ملفه الابتدائي بالأوجه A, C للمولد، ويوصل أطراف الملف الثانوي مع الأطراف $E1, E2$ كما هو واضح من الشكل (٥ - ٣).

2 أطراف المجال $F+, F-$: ويتم توصيلها مع ملف مجال مولد الإثارة غير مقاومة ثابتة يمكن معرفة قيمتها من دليل الاستخدام الخاص بالمنظم.

3 أطراف إعادة المغناطيسية الشفوية $A, F+$: وتوصل مع بطارية ومقاومة ضاغطة

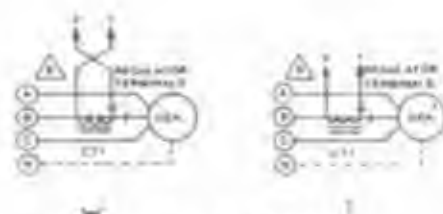
لإعادة المغناطيسية المتبقية للملف مجال مولد الإثارة عند فقداتها، وذلك عند توقف المولد مدة طويلة في العراء بدون استخدام، وذلك بالضغط على الضاغطة.

4 △ أطراف جهد المرجع 6-7: وتوصل مع مقاومة متغيرة يمكن معرفة قيمتها من دليل استخدام منظم الجهد.

5 △ أطراف القدرة الداخلة 3-4: وتوصل مع محول جهد أحادي الوجه بمخرج المولد التزامني الرئيسي إذا كان الجهد المقن للقدرة الداخلة يختلف عن الجهد المقن للمولد التزامني، وتوصل هذه الأطراف مع المفتاح 7 عند فتحه يصبح جهد خرج المولد مساوياً 0V.

6 △ أطراف التعويض عند توصيل عدة مولدات على التوازي 1,2: وتوصل هذه الأطراف مع محول تيار عند توصيل عدة مولدات تزامنية على التوازي. والشكل (5-4) يبين طريقة توصيل محول التيار إذا كان تتابع الأوجه A-B-C (الشكل أ)، وكذلك إذا كان تتابع الأوجه A-C-B (الشكل ب).

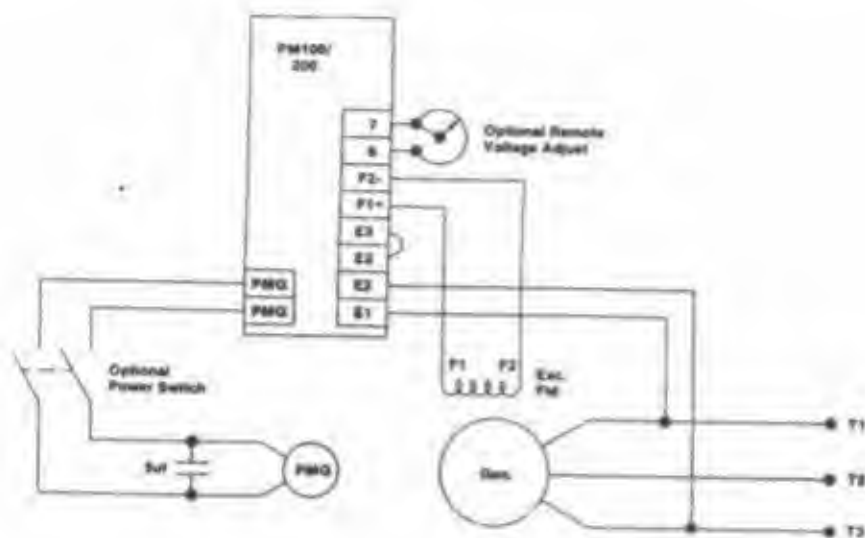
7 △ مفتاح يعمل على فصل التيار عن مولد الإثارة في حالة الطوارئ ويوصل مع أطراف دخول القدرة الكهربائية للمنظم.



الشكل (5-4)

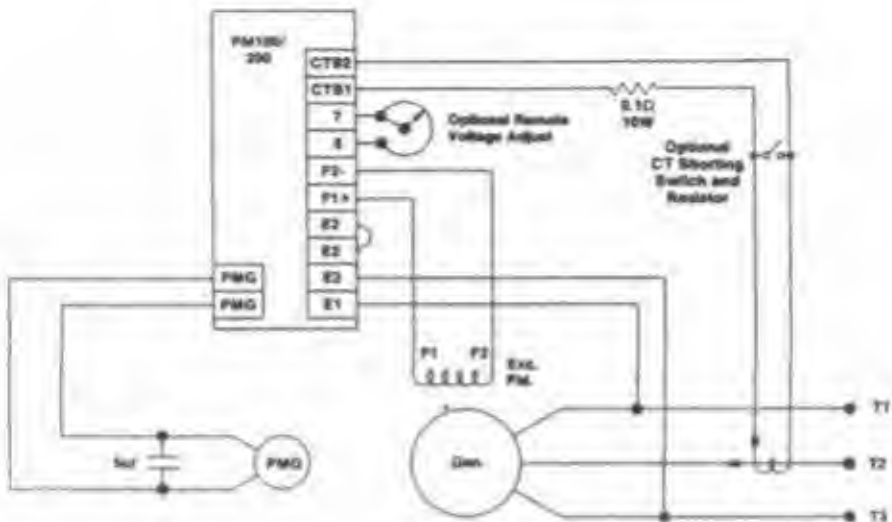
٥ / ١ / ٤ - منظمات الجهد للمولدات ذات التغذية المنفصلة

الشكل (5-5) يعرض طريقة توصيل منظم جهد من صناعة شركة Marathon Electric الأمريكية والذي يستخدم مع المولدات ذات التغذية المنفصلة مع استخدام تغذية مرتدة أحادية الوجه.



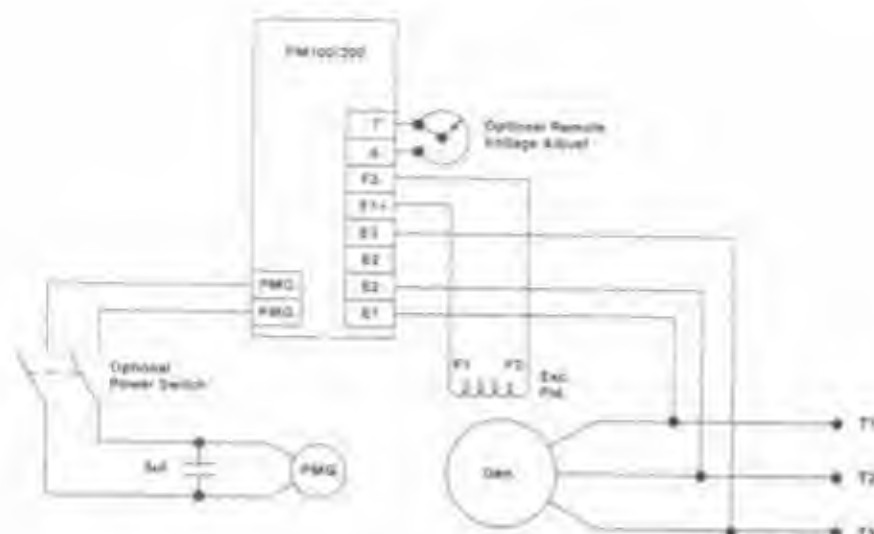
الشكل (٥ - ٥)

والشكل (٥ - ٦) يوضح طريقة توصيل منظم الجهد PM100/200 والمصنع بشركة Marathon electric الأمريكية عند الحاجة لتوصيل المولد مع مولدات أخرى على التوازي ، مع استخدام تغذية مرتدة أحادية الوجه ؛ علماً بأن التوصيلة المبينة عندما يكون تتابع الأوجه C-B-A أما إذا كان تتابع الأوجه A-B-C تبدل أطراف محول التيار مع الأطراف CTB1, CTB2.



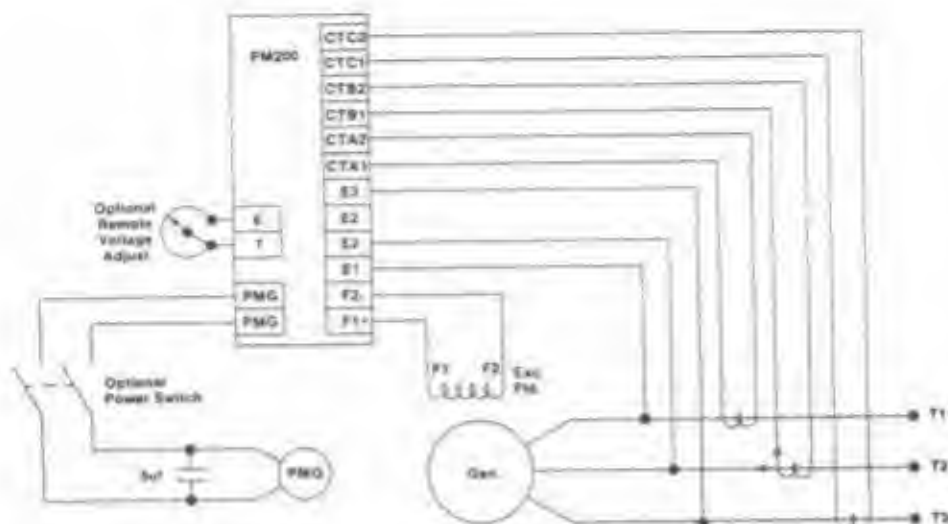
الشكل (٥ - ٦)

والشكل (٥ - ٧) يعرض مخطط توصيل منظم الجهد PM100/200، والمصنع بشركة Marathon electric الأمريكية مع استخدام تغذية مرندة ثلاثية الوجه، وعند الحاجة لتوصيل المولد مع مولدات أخرى على التوازي؛ علماً بأن التوصيلة المبينة عندما يكون تتابع الأوجه C-B-A، أما إذا كان تتابع الأوجه A-B-C تبدل أطراف محول التيار مع الأطراف CTB1-CTB2.



الشكل (٥ - ٧)

والشكل (٥ - ٨) يوضح طريقة توصيل منظم الجهد PM200، والمصنع بشركة Marathon electric الأمريكية من أجل تحديد تيار القصير، حيث يستخدم ثلاثة محولات تيار محول لكل وجه مع استخدام تغذية مرتدة ثلاثية الوجه؛ علماً بأن هذه التوصيلة عندما يكون تتابع الأوجه C-B-A، وفي حالة إذا كان تتابع الأوجه A-B-C تبديل أطراف منحول التيارات المتوصلة مع الأطراف CTB1-CTB2، وبهذه التوصيلة يمكن توصيل المولد مع مولدات أخرى على التوازي.



الشكل (٥ - أ)

ويلاحظ في جميع الأشكال المبينة في هذه الفقرة ما يلي:

- ١ - الأطراف PMG, PMG توصل مع المولد الأحادي الوجه ذات المغناطيس الدائم لتغذية منظم الجهد بالقدرة الكهربائية اللازمة.
- ٢ - الأطراف 6, 7 توصل بمقاومة متغيرة للتحكم في جهد المرجع REF من بعد .
- ٣ - الأطراف $F1+F2$ توصل بملف مجال مولد الإثارة.
- ٤ - الأطراف $E1+E2$, $E3$ توصل بملف مجال مولد الإثارة.
- ٥ - الأطراف $CTA1$, $CTA2$ توصل بمحول التيار الموجود على الوجه A.
- ٦ - الأطراف $CTB1$, $CTB2$ توصل بمحول التيار الموجود على الوجه B.
- ٧ - الأطراف $CTC1$, $CTC2$ توصل بمحول التيار الموجود على الوجه C.
- ٨ - يمكن توصيل مفتاح بالتوازي مع الأطراف $CTB1$, $CTB2$ ، حيث يغلق هذا المفتاح عند تشغيل المولد بمفرده.
- ٩ - يمكن توصيل أطراف المولد الأحادي ذات المغناطيس الدائم PMG بمفتاح

قطبين، فإذا كان المفتاح على وضع OFF يصبح خرج المولد 0V.

٥ / ١ / ٣ - نقاط المعايرة في منظمات الجهد

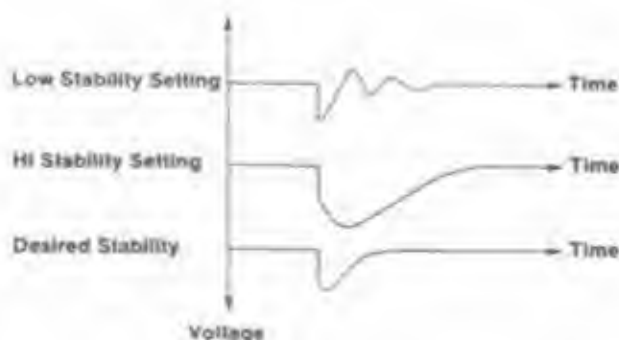
يوجد العديد من نقاط المعايرة في منظمات الجهد مثل:

١ - نقطة المعايرة الدقيقة للجهد Fine adjustment : وتستخدم لضبط جهد الخرج للمولد في المدى $\pm 10\%$ من الجهد المقنن.

٢ - نقطة المعايرة غير الدقيقة للجهد: coarse adj وتستخدم للضبط غير الدقيق لجهد خرج المولد.

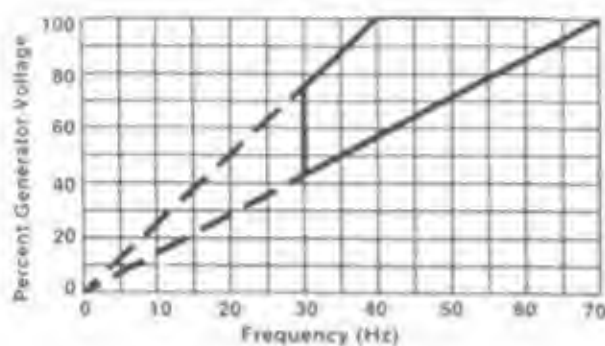
٣ - نقطة معايرة الاستقرار Stability adjustment وتستخدم في التحكم في زمن الاستجابة عند تغير أحمال المولد، فزيادة الاستقرار يعنى زيادة زمن الاستجابة، وتقليل الاستقرار يعنى تقليل زمن الاستجابة، وعادة ينصح بتقليل زمن الاستجابة مع ملاحظة خرج المولد بواسطة جهاز فولتميتر، حيث يتم قطع القدرة الداخلة عن منظم الجهد لمدة ثانية إلى ثانيتين، ومراقبة الجهد على أطراف المولد بواسطة الفولتميتر، فإذا لم يتغير فإن هذا يعنى أن الاستقرار جيد، أما إذا تغير الجهد يجب زيادة الاستقرار.

والشكل (٥ - ٩) يعرض العلاقة بين جهد الخرج والزمن في حالة الاستقرار المنخفض LOW Stability، والاستقرار العالي HI Stability، والاستقرار المثالي Desired Stability.



الشكل (٥ - ٩)

٤- نقطة معايرة انخفاض التردد $\text{under Frequency Adj}$: وتستخدم هذه المعايرة في ضبط ميل الجهد / التردد كنسبة ثابتة، وذلك عند اختيار تشغيل المولد تحت وظيفة انخفاض الجهد وفي حالة عدم اختيار وظيفة انخفاض الجهد مع التردد، فإن جهد المولد يكون ثابتاً مع أى قيمة للتردد. والشكل (٥ - ١٠) يبين حدود معايرة $\left(\frac{\text{الجهد}}{\text{التردد}}\right)$ وتتراوح ما بين $(10/7 : 10/4)$.



الشكل (٥ - ١٠)

والجدير بالذكر أن عمل المولد تحت وظيفة انخفاض الجهد مع التردد مفيد جداً عند تغذية المحركات الكهربائية، حيث تجعل المحركات الكهربائية تعمل بأمان عندما تقل سرعة المولد والذي ينتج عنه انخفاض لتردد خرج المولد.

٥- نقطة معايرة انخفاض الجهد مع الأحمال الحثية Droop adjustment : وتستخدم هذه المعايرة عند توصيل المولدات على التوازي وينصح بضبط Droop ، وذلك عند تشغيل المولد بمفرده وتحميله عند الحمل الكامل بحمل معامل قدرته 0.8 مثلاً، ثم يتم ضبط Droop وصولاً لنسبة التخفيض المطلوبة في الجهد. وبعد الضبط إذا تم تحميل المولد بحمل حتى ولم يقل الجهد يجب مراجعة قطبية محول التيار المركب على الوجه B.

٦- نقطة معايرة حدود تيار المولد $\text{Generator current limit adj}$ ويمكن ضبط حدود تيار المولد ما بين $(150\% : 400\%)$ من التيار المقنن، وتحدد قيمة تيار المولد الأقصى تبعاً لقيمة تيار القصر المتوقع عند القصر المتماثل (قصر على ثلاثة أوجه)، والقصر غير المتماثل (قصر على وجه أو وجهين مع التعادل) بحيث يكون هذا التيار كافياً لفصل القاطع الرئيسي للمولد في الوقت المناسب.

٢ / ٥ - منظمات السرعة Speed Governors

يمكن تقسيم منظمات السرعة إلى :

- ١ - منظمات سرعة يدوية .
- ٢ - منظمات سرعة الكترونية .
- ٣ - منظمات سرعة هيدروليكية ولن نشاؤها في هذا الكتاب .

١ / ٢ / ٥ - منظمات السرعة اليدوية

ويستخدم مع هذه المنظمات مفتاح له ثلاثة أوضاع وهم :

(Lower - OFF- Raise) . ويعمل هذا المفتاح علي التحكم في تشغيل محرك كهربى يتم تحويل حركته الدوارة إلى حركة خطية باستخدام ترس وجريدة مسننة كما هو مبين بالشكل (٥ - ١١) .



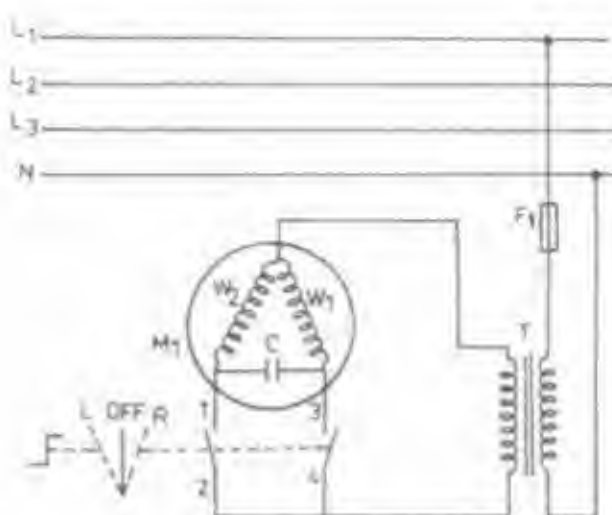
الشكل (٥ - ١١)

حيث إن :

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1 | ترس مسنن |
| 2 | جريدة مسننة |
| 3 | ذراع التحكم في مضخة حقن ماكينة الديزل |
| 4 | مضخة حقن ماكينة الديزل |

فعند دوران الترس 1 المثبت على عمود إدارة المحرك في عكس عقارب الساعة تنحرك الجريدة المسننة من جهة اليمين، فيقل معدل الضخ للمضخة، وتناقصاً تقل سرعة ماكينة الديزل والعكس بالعكس .

والشكل (٥ - ١٢) يعرض الدائرة الكهربائية لمنظم السرعة البدوي .



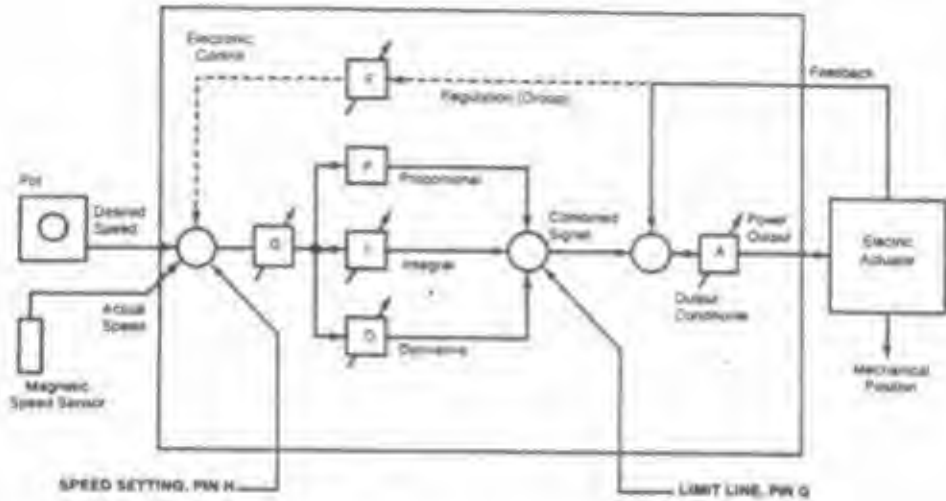
الشكل (٥ - ١٢)

حيث إن :

F1	مصهر
S1	مفتاح له ثلاثة أوضاع
T	محول
M1	محرك أحادي الوجه

فبعد وضع المفتاح S1 على وضع تخفيض السرعة L، تغلق الريشة 1-2 / S1 فيصبح الملف W2 ملف دوران، والملف W1 ملف بدء، وذلك للمحرك M1 فيدور المحرك عكس عقارب الساعة، وتحرك الجريدة للسنة جهة اليمين وتقل سرعة ماكينة الديزل. وعند وضع المفتاح S1 على وضع زيادة السرعة R تغلق الريشة 3-4 / S1 فيصبح الملف W1 ملف دوران ويصبح الملف W2 ملف بدء ويدور المحرك في اتجاه عقارب الساعة، وتحرك الجريدة للسنة جهة اليسار وتزيد سرعة ماكينة الديزل. وعند وضع المفتاح S1 على وضع OFF تفتح الريشة 1-2 / S1 والريشة 3-4 / S1 ويتوقف المحرك.

الشكل (٥ - ١٣) يعرض المخطط الصندوقي لمنظم سرعة الكشروني من صناعة شركة Barber - Colman company الأمريكية.



الشكل (٥ - ١٣)

حيث إن :

Pot	مقاومة متغيرة لاختيار السرعة المطلوبة
Magnetic speed sensor	مجس السرعة
C	مقارن
G	مكبر
P	منظم تناسبي
D	منظم تفاضلي
I	منظم تكاملي
Combined signal	جامع

A

دائرة القدرة

Electric actuator

عنصر الفعل الكهربى

F

دائرة تخفيض السرعة مع الحمل

نظرية عمل منظم السرعة :

بواسطة المقاومة المتغيرة Pot، يتم ضبط جهد المرجع عند السرعة المرغوبة، ويعمل المقارن C على إيجاد الفرق بين جهد المرجع والقادم من Pot مع الجهد المقابل للسرعة الفعلية للمولد والقادم من مجس السرعة Magnetic speed sensor، ويعمل المكبر G على تكبير خرج المقارن C، ثم يدخل خرج المكبر G على المنظمات الالكترونية P, I, D، وخرج المنظمات تدخل على المقارن C والذي يعمل على مقارنة خرج المنظمات مع إشارة التغذية المرتدة لموضع عنصر الفعل الكهربى، وخرج المقارن C يدخل على دائرة القدرة A لتهيئة خرج المقارن C، حتى يناسب عنصر الفعل الكهربى، وتبعاً لخرج دائرة القدرة A، ويتغير وضع عنصر الفعل الكهربى وصولاً لمعدل الضخ المناسب للسرعة المطلوبة. ويمكن إضافة مودبول لتقليل السرعة مع الاحمال F، وهذا المودبول مفيد عند تشغيل المولد مع مولدات أخرى على التوازي كما سيتضح فيما بعد.

والشكل (٥ - ١٤) يعرض نموذجاً لعنصر فعل كهرومغناطيسى من إنتاج شركة Barber colman CO، يعمل على التحكم فى مضخة حقن الوقود لماكينة الديزل، ومن ثم التحكم فى سرعة ماكينة الديزل.

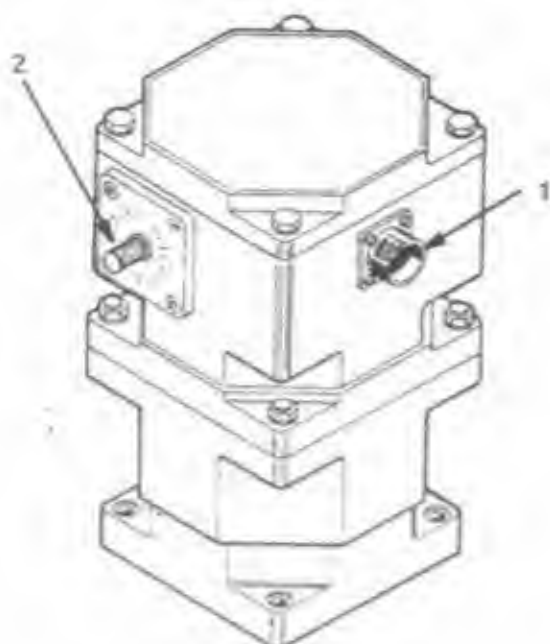
حيث إن:

1

مدخل الموصلات

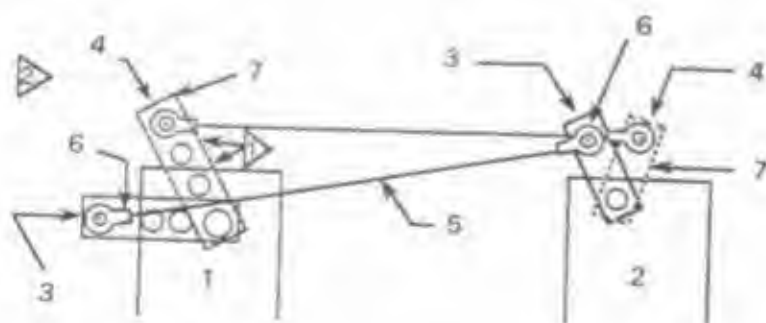
2

عمود يدور فى الاتجاهين ويحكم فى مضخة الوقود الدوارة



الشكل (١١ - ٥)

والشكل (١٥ - ٥) يوضح طريقة التحكم في سرعة ما كينة دهرل بواسطة عنصر فعل دوار كالمبين في الشكل السابق، يتحكم في مضخة وفود دوارة، فنقطة البداية لعمود عنصر الفعل تقابل السرعة الصغرى Min، ونقطة النهاية تقابل السرعة القصوى.

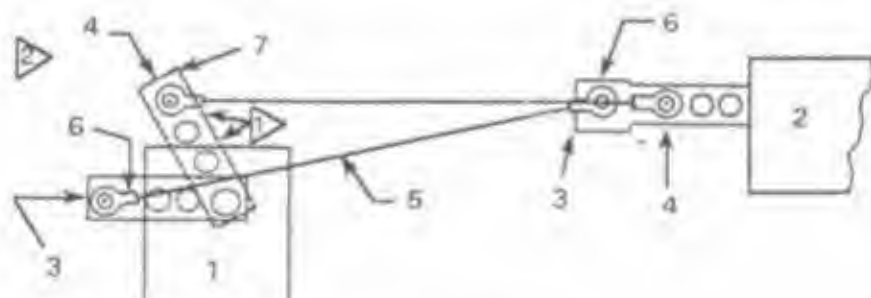


الشكل (١٥ - ٥)

حيث إن:

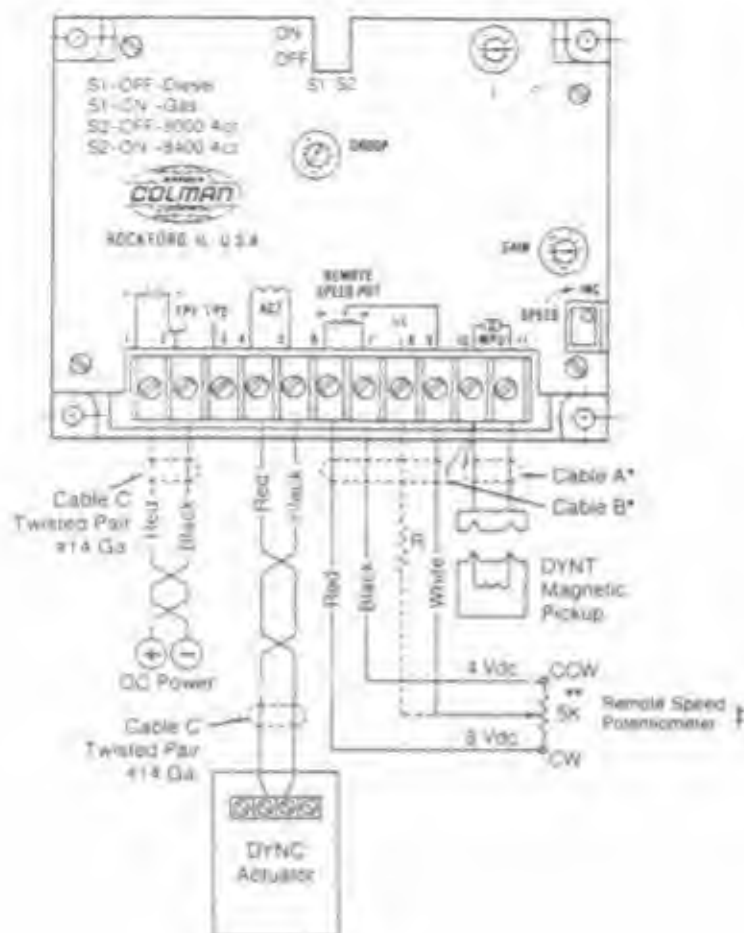
- 1 عنصر الفعل
- 2 مضخة الحقن الدوارة
- 3 وضع أقل معدل ضخ للوقود
- 4 وضع أعلى معدل ضخ للوقود
- 5 عمود
- 6 مفصل
- 7 ذراع توصيل

والشكل (٥ - ١٦) يعرض طريقة التحكم في سرعة ماكينة ديزل باستخدام عنصر فعل دوار يتحكم في مضخة حقن خطية. علماً بأن العناصر الموجودة في هذا الشكل لا تختلف عن العناصر الموجودة في الشكل السابق.



الشكل (٥ - ١٦)

والشكل (٥ - ١٧) يعرض مخطط توصيل منظم سرعة الكتروني من صناعة شركة Barber colman Co الأمريكية.



الشكل (١٧-٥)

حيث يتم تغذية منظم السرعة بجهد $+24V$ من الأطراف 2، 1، بواسطة كابل مجدول للتقليل من تدخلات الراديو، ويستخدم كذلك قاطع $10A$. وتوصل الأطراف 5، 4 بعنصر الفعل الكهرومغناطيسي، ويتم توصيل الأطراف 9، 7، 6 بمقاومة متغيرة $5K\Omega$ للتحكم بعد في جهد المرجع المقابل للسرعة المرغوبة. أما الأطراف 11، 10 فتوصل بحس السرعة Magnetic Pick up.

وأهم نقاط المعايرة في منظمات السرعة ما يلي :

١ - نقطة معايرة السرعة Speed adjust وتستخدم في ضبط جهد المرجع عند السرعة المطلوبة .

٢ - نقطة معايرة

معدل

انخفاض

السرعة مع

زيادة

الحمل Droop.

والشكل

(١٨ - ٥) يبين

العلاقة بين سرعة

الماكينة RPM ،

والنسبة المئوية

لحمل الماكينة %

Of Engine load

ففي (الشكل

أ) فإن السرعة ثابتة

عند أى قيمة

للحمل ، وتستخدم

هذه الخاصية عند

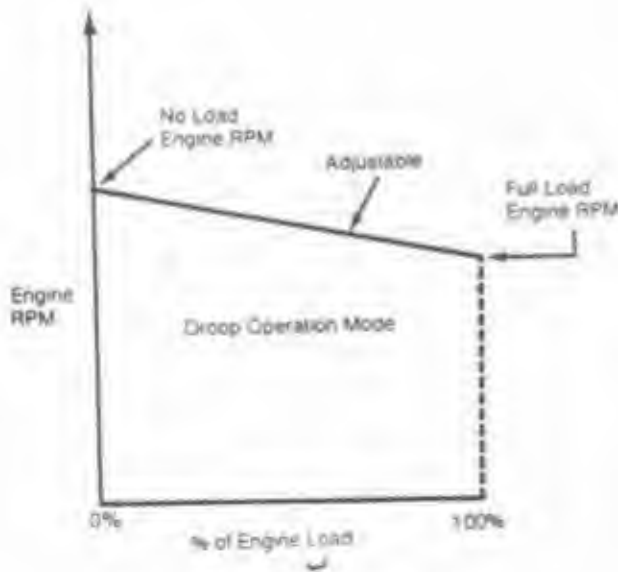
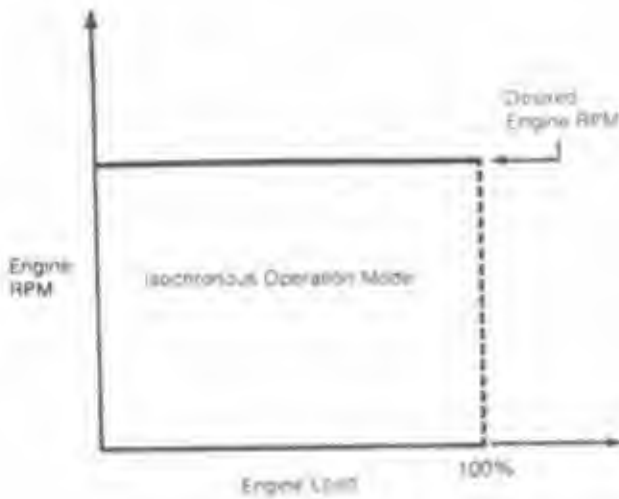
تشغيل المولد

بالتوازي مع

مولدات أخرى Is-

chronous Opera-

tion Mode



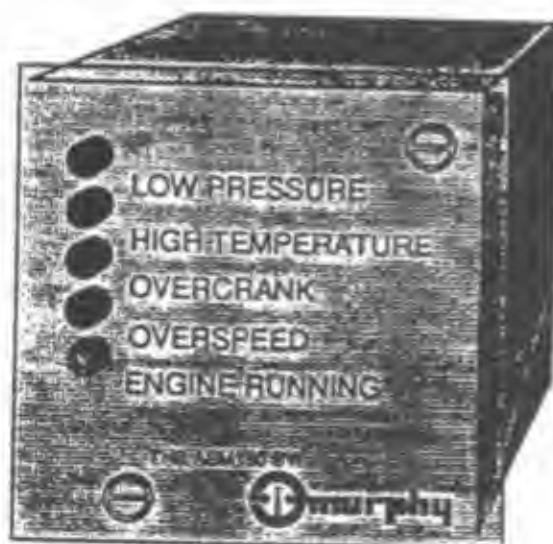
الشكل (١٨ - ٥)

وفي (الشكل ب) فإن السرعة تقل كلما ازداد الحمل، ويمكن ضبط معدل الانخفاض في السرعة مع زيادة الحمل بواسطة نقطة Droop، وتستخدم هذه الخاصية بالتوازي مع الشبكة الموحدة (الكهرباء العمومية) Droop operation mode. ولمزيد من التفاصيل ارجع للفقرة (٦ - ٥).

٣/٥ - وحدة التحكم في الماكينة (Engine control unit (Ecu

تقوم وحدة التحكم الالكترونية في الماكينة بالتحكم في بدء الماكينة يدوياً أو أوتوماتيكياً وكذلك مراقبة أداء الماكينة وإعطاء بيان بالمشاكل التي قد تتعرض لها الماكينة أثناء الدوران أو عند بدء الدوران مثل:

- ١ - انخفاض ضغط زيت الماكينة Low pressure.
 - ٢ - ارتفاع درجة حرارة ماء تبريد الماكينة High temperature.
 - ٣ - قفل الماكينة في البدء مع تعدى الزمن الأقصى المسموح به Over crank.
 - ٤ - زيادة سرعة الماكينة عن 15% من السرعة المقننة Over speed.
- بالإضافة إلى إعطاء بيان عن الدوران الطبيعي Engine Running.
- والشكل (٥ - ١٩) يعرض نموذجاً لوحدة تحكم في الماكينة طراز ASM 150 من إنتاج شركة Murphy co. الأمريكية.



الشكل (٥ - ١٩)

ويوجد على وجه وحدة التحكم في الماكينة أربع وحدات مشعة حمراء لبيان الأعطال المختلفة، وموحد مشع أخضر لبيان حالة الدوران الطبيعي.

وتزود وحدة التحكم في الماكينة بنقطة لمعايرة السرعة القصوى المسموح بها، وتزود أيضاً بنقطة معايرة زمن الوصل عند البدء crank cycle ونقطة معايرة زمن الفصل عند البدء crank disconnect ونقطة معايرة عدد مرات محاولة البدء crank cycle attempt.

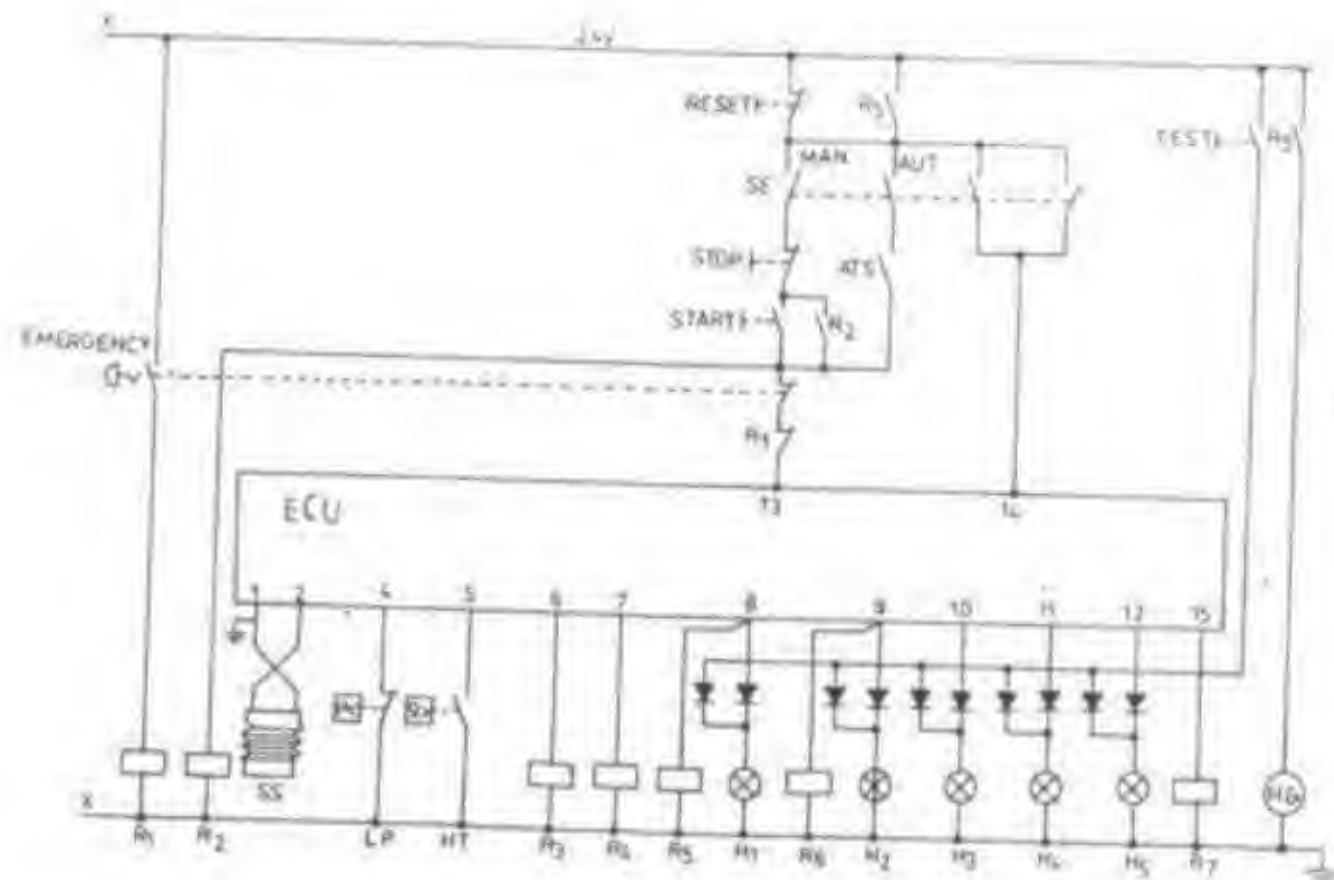
وعادة يتم ضبط نقطة معايرة السرعة القصوى عند 115% من السرعة المقننة للماكينة، ويتم ضبط عدد مرات محاولة البدء مساوياً 4 مرات وضبط زمن الوصل والفصل عند البدء مساوياً 10S (عشر ثوان).

والشكل (٥ - ٢٠) يعرض مخطط التوصيل الكهربى لوحدة التحكم في الماكينة ECU، وكذلك منظم السرعة SG.

حيث إن:

SE	مفتاح اختيار نوعية التشغيل للماكينة
Reset	مضاعط تحرير الخطأ
Stop	مضاعط الإيقاف اليدوى
Start	مضاعط التشغيل اليدوى
Test	مضاعط اختيار لمان البيان
Silence	مضاعط إسكات الإنذار الصوتى
ATS	ريشة من مفتاح الانتقال الأتوماتيكى
SS	مجس السرعة
SP	مفتاح انخفاض ضغط الزيت
ST	مفتاح ارتفاع درجة حرارة الماء
Ri	ريلاتى إيقاف الطوارئ

R2	ريلاي التشغيل اليدوى
R3	ريلاي البدء
R4	ريلاي الخطا العام فى الماكينة
R5	ريلاي دوران الماكينة
R6	ريلاي زيادة سرعة الماكينة
R7	ريلاي التحكم فى تشغيل منظم السرعة
R8	ريلاي إسكات الإنذار الصوتى
H1	لمبة بيان دوران الماكينة
H2	لمبة بيان زيادة السرعة
H3	لمبة بيان تعدى زمن البدء
H4	لمبة بيان زيادة درجة الحرارة
H5	لمبة بيان انخفاض ضغط الزيت
B	بطاريتان موصلتان على التوالى
G	مولد شحن البطارية
A	جهاز قياس تيار الشحن
CM	محرك بدء الماكينة
SDL	ملف تشغيل محرك البدء
AV	صمام خنق مدخل هواء الماكينة الثنائية الاشواط
FV	صمام الوقود
CR1	موحد يفصل القاطع عند انعكاس قطبية البطاريات
SC	وحدة شحن البطاريات الالكترونية عند وجود الكهرباء العمومية
CB1	قاطع حماية دائرة التحكم فى الماكينة



مخطط (٢)

الشكل (٥ - ٢١)

H6	لمبة الإنذار الرومضة
H7	بوق الإنذار
To Trip CB	إلى فصل القاطع الرئيسي للمولد
SG	حاكم السرعة الإلكتروني
POT	مقاومة ضبط السرعة
ACT	عنصر الفعل الكهرومغناطيسي

نظرية التشغيل :

عند وضع مفتاح اختيار الماكينة SE على وضع التشغيل البدوي Man، تغلق ريشة Man، وعند الضغط على ضاغط بدء الماكينة Start يكتمل مسار تيار ريلاي البدء البدوي R2، ويحدث إمساك ذاتي للريلاي بعد إزالة الضغط عن ضاغط البدء Start بواسطة الريشة المفتوحة R2، ويصل تيار كهربى لدائرة التحكم فى الماكينة ECU للنقطة 13، فيخرج جهد على الأطراف 15 و6 فيعمل كل من الريلاي R3 (ريلاي البدء)، والريلاي R7 (ريلاي الوقود)، فتغلق الريشة المفتوحة R3 فيعمل ملف تشغيل محرك البدء SOL، ومن ثم يعمل محرك البدء، وفى نفس الوقت يصل الوقود لمضخة الحقن نتيجة لاكمال مسار تيار صمام الوقود F.V حيث تغلق الريشة المفتوحة R2، ويعمل منظم السرعة SG بعد غلق ویش الريلاي R7 على التحكم فى مضخة الحقن، ومن ثم التحكم فى معدل تدفق الوقود، وعند الدوران الفعلى للماكينة فإن سرعة الماكينة سترتفع، وتصل إشارة جهد من عنصر الإحساس بالسرعة SS بالتردد المقابل للسرعة الفعلية للماكينة إلى الأطراف 2 و1 لوحدة التحكم فى الماكينة، وكذلك الأطراف 5 و4 لحاكم السرعة SG، فينقطع التيار الكهربى عن النقطة 6 لدائرة التحكم فى الماكينة ECU، فى حين يصل تيار كهربى إلى النقطة 8 لوحدة التحكم فى الماكينة فيعمل الريلاي R5 (ريلاي دوران الماكينة)، وكذلك يعمل عداد الساعات HG. ويقوم حاكم السرعة الإلكتروني بضبط سرعة الماكينة عند السرعة المرغوبة والمعايرة بواسطة المقاومة المتغيرة POT.

المشاكل:

١ - عند زيادة سرعة الماكينة عن 15 % من السرعة المقننة والمعايرة بواسطة POT يعمل كل من الريلاي R6، ولمبة البيان H2، وكذلك ريلاي الخطأ العام R4 فيغلق صمام الهواء AV، ويمنع دخول الهواء للماكينة وفي نفس الوقت تقطع وحدة التحكم في الماكينة التيار الكهربى عن وحدة الفعل ACL، فتتوقف الماكينة فى الحال، وكذلك يعمل البوق H7، ولمبة الإشارة الوماضة H6، فينبه المشغل ويقوم بالضغط على ضاغط إسكات البوق Silence، فيعمل R8 ويفتح ريسته ويتقطع مسار تيار الماكينة. وعند معالجة مشكلة زيادة السرعة يمكن الضغط على ضاغط التحرير Reset، لإعادة وحدة التوليد لحالتها الطبيعية.

٢ - عند محاولة بدء الماكينة فى يادى الامر، فإن وحدة ECU تمرر تيار كهربى إلى النقطة 6، والنقطة 15، وتعطى وحدة التحكم فى الماكينة أربع محاولات للبدء كل مرة 10 ثوان، وللتوقف 10 ثوان أخرى، وفى حالة فشل الماكينة فى البدء تضىء لمبة تعدى زمن البدء H3، ويعمل ريلاي الإنذار العام R4 وتباعاً يعمل البوق H7، وتضىء لمبة الإشارة الوماضة H6، ويمكن للمشغل إسكات البوق بواسطة ضاغط الإسكات Silence، ويمكن العودة للحالة الطبيعية بواسطة ضاغط التحرير Reset.

٣ - عند ارتفاع درجة حرارة ماء التبريد. فإن مفتاح درجة الحرارة ST سوف يغلِق، فتتصل النقطة 5 لوحدة التحكم فى الماكينة بالأرضى فتقطع وحدة التحكم فى الماكينة ECU التيار الكهربى عن R7، فينقطع التيار الكهربى عن حاكم السرعة، والذى يقوم بدورة بفصل التيار الكهربى عن وحدة الفعل ACT، فتتوقف الماكينة، وفى نفس الوقت يعمل ريلاي الخطأ العام للماكينة R4 وتضىء لمبة البيان H4، ويعمل البوق H7، وكذلك تضىء لمبة الإشارة الوماضة H6، ويمكن بواسطة ضاغط Silence إسكات صوت البوق، وبواسطة ضاغط التحرير Reset تحرير الإنذار وإعادة وحدة التوليد للحالة الطبيعية.

٥ - عند انخفاض ضغط زيت التبريد تعود ريشة مفتاح الضغط SP مغلفة، فتعمل لمدة بيان انخفاض الضغط HS، ويتكرر ما سبق في الحالات السابقة.

والجدير بالذكر أن الموحد CR1 يعمل على فصل القاطع CB1 عند انعكاس قطبية البطارية، أما المولد G فيشحن البطارية أثناء دوران الماكينة، وتعمل وحدة الشحن الإلكترونية SC على شحن البطاريات عند وجود تيار المصدر الطبيعي، وعند انقطاع التيار العمومي وعمل المولد تفصل هذه الوحدة، نتيجة لغلط الريشة المفتوحة للريلاي R7 والموصلة بها. كما أنه يمكن تشغيل الماكينة أتوماتيكياً عند انقطاع الكهرباء العمومية، وذلك بوضع مفتاح اختيار الماكينة SE على وضع Aut؛ علماً بأن الماكينة سوف تعمل تلقائياً عند انقطاع الكهرباء العمومية، وذلك نتيجة لغلط ريشة مفتاح الانتقال الأتوماتيكي ATS والذي سوف نتناوله بالتفصيل فيما بعد.

٥ / ٤ - مفتاح الانتقال الأتوماتيكي (ATS)

إن وظيفة مفتاح الانتقال الأتوماتيكي هو نقل الأحمال الكهربائية من المصدر الطبيعي (الكهرباء العمومية) إلى وحدة التوليد، وذلك عند انخفاض الجهد أو التردد وصولاً للقيمة المعيار عليها للمفتاح، وكذلك إعادة الأحمال الكهربائية إلى المصدر الطبيعي عند عودة التيار الكهربائي مع اتفاق قيم جهد وتردد المصدر الطبيعي مع القيم المعيار عليه ATS.

ويوجد نوعان من مفاتيح الانتقال الأتوماتيكي وهما كما يلي:

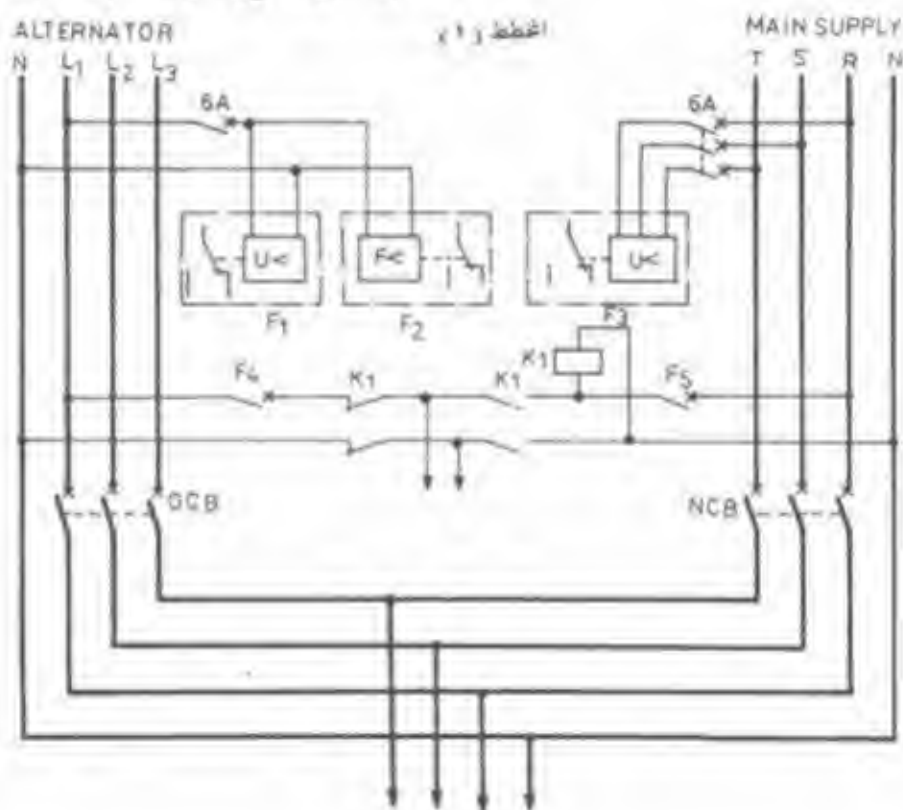
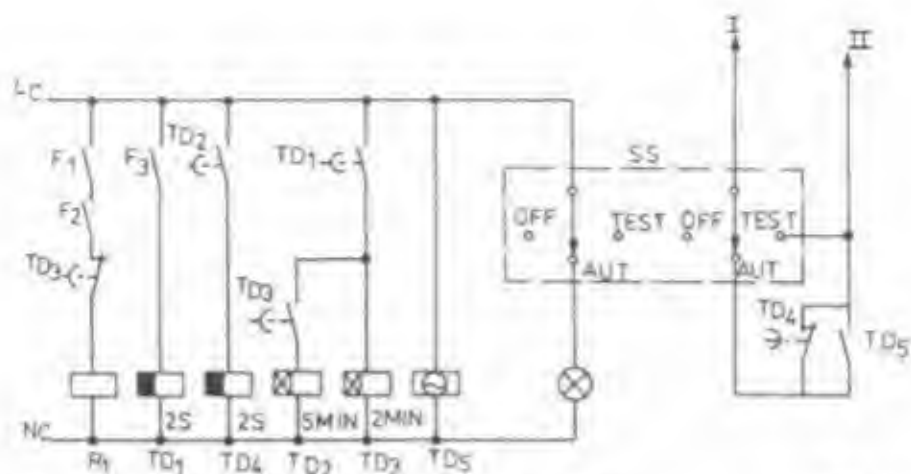
١ - مفاتيح انتقال أتوماتيكي سابقة التجهيز، وتكون مزودة بميكروبروسيسور.

٢ - مفاتيح انتقال أتوماتيكي يتم تجهيزها باستخدام مجموعة عناصر مختلفة.

وسوف نتناول في هذه الفقرة أحد مفاتيح الانتقال الأتوماتيكي التي يمكن بناؤها بمجموعة من العناصر المختلفة محلياً، فالشكل (٥ - ٢١) (مخطط ١) (مخطط 2) - (مخطط 3) يعرض القواطع الكهربائية لأحد مفاتيح الانتقال الأتوماتيكية فاخطط (1) يعرض دائرة التحكم، والمخطط (2)، يعرض الدائرة الرئيسية، والمخطط (3) يعرض دائرة القواطع الكهربائية.

حيث إن :

NCB	قاطع المصدر الرئيسى
GCB	قاطع وحدة التوليد العاملة بماكينة الديزل
F ₁	ريلاى انخفاض جهد وحدة التوليد
F ₂	ريلاى انخفاض تردد وحدة التوليد
F ₃	ريلاى انخفاض جهد المصدر الرئيسى
K ₁	كوتناكتور المحافظة على مصدر تغذية دائرة التحكم
XF	ملف غلق القاطع
MX	ملف فتح القاطع (عنصر فصل توازى)
M	محرك شحن باى القاطع
OF	ريش إضافية للقاطع
CH	نهاية مشوار محرك شحن باى القاطع
H ₁ , H ₃	لمبات بيان شحن باى غلق القاطع
H ₂	لمبة بيان وجود وحدة التوليد فى الخدمة
H ₄	لمبة بيان وجود المصدر الرئيسى
R ₁	ريلاى يعمل عند عمل وحدة التوليد
TD ₁	مؤقت يؤخر عند الفصل (2S) وذلك عند انقطاع المصدر الرئيسى
TD ₂	مؤقت يؤخر عند التوصيل (5MIN) ويعمل على تبريد ماكينة الديزل
TD ₃	مؤقت يؤخر عند التوصيل (2MIN) وهو خاص بالتأخير عند العودة للمصدر الرئيسى
TD ₄	مؤقت يؤخر عند الفصل (2S) وهو خاص بتأخير دوران الماكينة
TD ₅	مؤقت مبرمج يعمل على تشغيل الماكينة ثلاث ساعات أسبوعياً



المخطط (٢)

الشكل (٢٢ - ٥)



الشكل (٥ - ٧٣) الخطط (٣)

نظرية التشغيل:

لاختبار مفتاح الانتقال الاتوماتيكي ATS تقوم بوضع مفتاح الاختيار SS على وضع Test، فتغلق الأطراف I و II وتعمل ماكينة الديزل.

أما إذا وضع مفتاح الاختيار SS على وضع Aut، ففي حالة وجود المصدر الرئيسى يكون NCB فى حالة غلق، حيث إن ريلاي انخفاض الجهد F3 سيكون فى حالة تشغيل، وبالتالي يغلق ريشته المفتوحة F3 فيعمل TD1 على عكس حالة ريشه، ومن ثم يكتمل مسار غلق القاطع NCB.

أما عند انقطاع مصدر القدرة الرئيسى تعود ريش ريلاي انخفاض الجهد F3 لحالتها الطبيعية، فينقطع التيار الكهربى عن ملف المؤقت TD1، ويقوم المؤقت بعكس حالة ريشه بعد تأخير زمنى مقداره (2S)، وذلك من أجل ضمان عدم عودة المصدر الرئيسى مرة أخرى. فينقطع مسار الغلق Close للقاطع NCB، فى حين يكتمل مسار الفتح open لهذا القاطع، وفى نفس اللحظة ينقطع التيار الكهربى عن المؤقت TD3 و TD2، وتباعاً ينقطع التيار الكهربى عن المؤقت TD4، فتعود ريش هذا المؤقت لحالتها الطبيعية بعد تأخير (2S)، وتغلق الريشة TD4 الموصلة بين الأطراف I و II لمفتاح الانتقال الاتوماتيكي والمتصلة بوحدة التحكم فى ماكينة الديزل لوحدة التوليد، فتدور الماكينة.

وعندما يصبح جهد أطراف وحدة التوليد عند القيمة المقتنة له يعمل F1. وعندما يصبح تردد خرج وحدة التوليد عند القيمة المقتنة له يعمل F3 وتباعاً يعمل الريلاى R1 فيكتمل مسار غلق القاطع GCB وتغذى الاحمال من وحدة التوليد. وعند عودة المصدر الرئيسى يغلق ريلاي انخفاض الجهد F3 ريشته المفتوحة، فيعمل المؤقت TD1، وتباعاً يعمل المؤقت TD3. وبعد تأخير زمنى مقداره دقيقتين للتأكد من عودة المصدر الرئيسى، يعكس هذا المؤقت ريشه، فينقطع مسار تيار الريلاى R1، ويكتمل مسار تيار فتح open للقاطع GCB، ويفتح القاطع وفى نفس الوقت يكتمل مسار تيار قاطع المصدر الرئيسى لتنتقل الاحمال إلى المصدر الرئيسى ويعمل المؤقت TD2، وبعد تأخير زمنى مقداره خمس دقائق، تغلق ريش المؤقت TD2 المفتوحة،

فيكتمل مسار تيار المؤقت TD4، ويفتح المؤقت ريشته المغلقة الموصلة بالأطراف II و I، فنتوقف الماكينة وذلك بعد دورانها خمس دقائق بدون تحميل.

ويضاف المؤقت المبرمج TD5، والذي يتم برمجته على اليوم والساعة، وزمن التشغيل كل أسبوع، وبذلك يعمل هذا المؤقت على غلق ريشته المفتوحة بين الأطراف I, II لمفتاح ATS في اليوم والساعة المحددة والمبرمج عليه وذلك من أجل المحافظة على كفاءة ماكينة الديزل.

الباب السادس

تشغيل المولدات على التوازي

تشغيل المولدات على التوازي

١ / ٦ - مقدمة

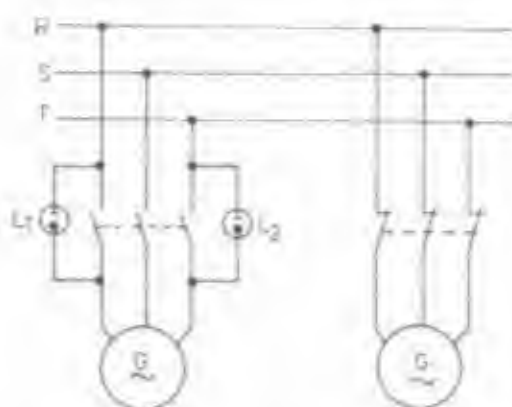
يوجد عدة أسباب لتشغيل المولدات على التوازي وهم كما يلي:

- ١- زيادة السعة الكلية لمنظومة القدرة الكهربائية (KVA).
 - ٢- إتاحة استمرارية الخدمة عند تعطل أحد المولدات.
 - ٣- عدم توفر المكان المناسب لتشغيل مولد كبير.
- وحتى يمكن تشغيل مجموعة مولدات على التوازي يجب تحقق المتطلبات الآتية:
- ١- جهود كل المولدات تكون متساوية.
 - ٢- اتفاق تتابع الأوجه لجميع المولدات R-S-T أو L1-L2-L3 أو A-B-C.
 - ٣- تساوى التردد لجميع المولدات.
 - ٤- اتفاق اختلاف الأوجه لجميع المولدات.
 - ٥- توزيع الأحمال على المولدات تبعاً لمقدار كل مولد.

٢ / ٦ - التزامن اليدوي

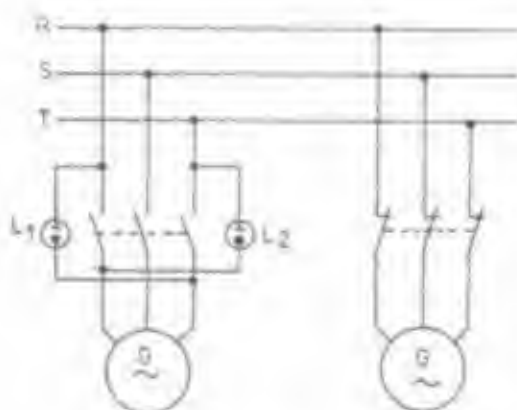
ويستخدم في ذلك جهاز التوافق (السينكرومكوب)، وكذلك اللمبات لتحديد الاختلاف الوجيه بين المولد الداخل وقضبان التزامن العمومية Bus bar. وهناك ثلاث توصيلات لللمبات المستخدمة في التزامن وهم كما يلي:

- ١- التزامن عند إعتام اللمبات: ويستخدم في ذلك لمبتين L1، L2، ويتم توصيلها كما بالشكل (٦ - ١) وتكون اللحظة المناسبة للترزامن لحظة إعتام اللمبتين L1، L2.



الشكل (١-٦)

٢- التزامن عند تصوع اللامبات : ويستخدم في ذلك لمبتين لبدء اداء يتم توصيلها كما بالشكل (٢-٦) وتكون اللحظة المناسبة للترزامن لحظة تصوع اللامبتين.

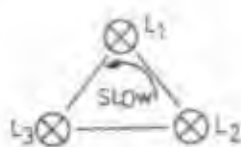


الشكل (٢-٦)

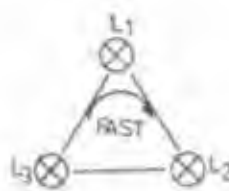
٣- التزامن عند انطفاء لمة وتصوع لمبتين : ويستخدم في ذلك ثلاث لمبات لبدء اداء اداء تكون مرتبة على شكل مثلث كما بالشكل (٣-٦).

فعندما يكون توهج اءا اعلى من توهج لءا اعلى من توهج لءا اى ان توهج

المصابيح يكون في عكس اتجاه عقارب الساعة، يعني أن سرعة المولد الداخل منخفضة SLOW ، والعكس بالعكس.



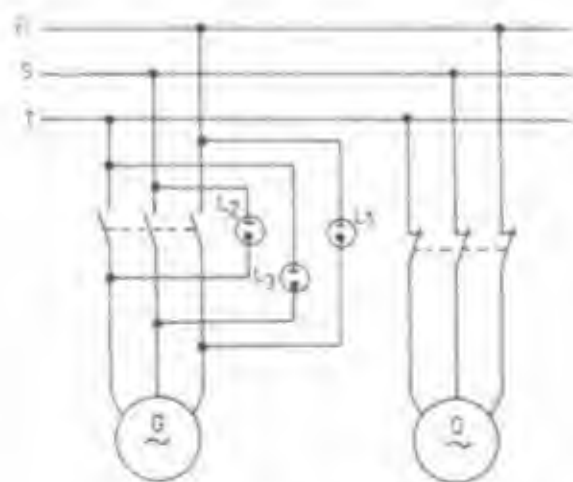
أي أنه عندما يكون توهج L1 أعلى من توهج L2 أعلى من توهج L3، بمعنى أن توهج المصابيح يكون في اتجاه عقارب الساعة، يعني أن سرعة المولد الداخل عالية Fast. وتعتبر اللحظة المناسبة للترزامن هي اللحظة التي تنطفئ فيها اللبة L1، وتنضج فيها اللبتين L2, L3.



الشكل (٦ - ٣)

والشكل (٦ - ٤) يوضح طريقة توصيل اللمبات L1, L2, L3 مع المولد الداخل.

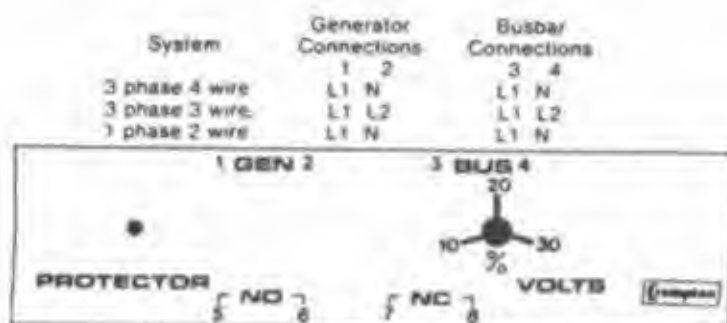
والجدير بالذكر أن جهد تشغيل اللبة يجب أن يكون على الأقل ضعف الجهد المفقود للمولد (جهد الخط)، فإذا لم يكن ذلك متاحاً يجب توصيل مقاومة بالتوالي مع كل لمبة. وينصح عادةً باستخدام هذه الطريقة عند إجراء التزامن اليدوي.



الشكل (٦ - ٤)

١ / ٢ / ٦ - ريلاي اختبار التزامن Sync- Check relay

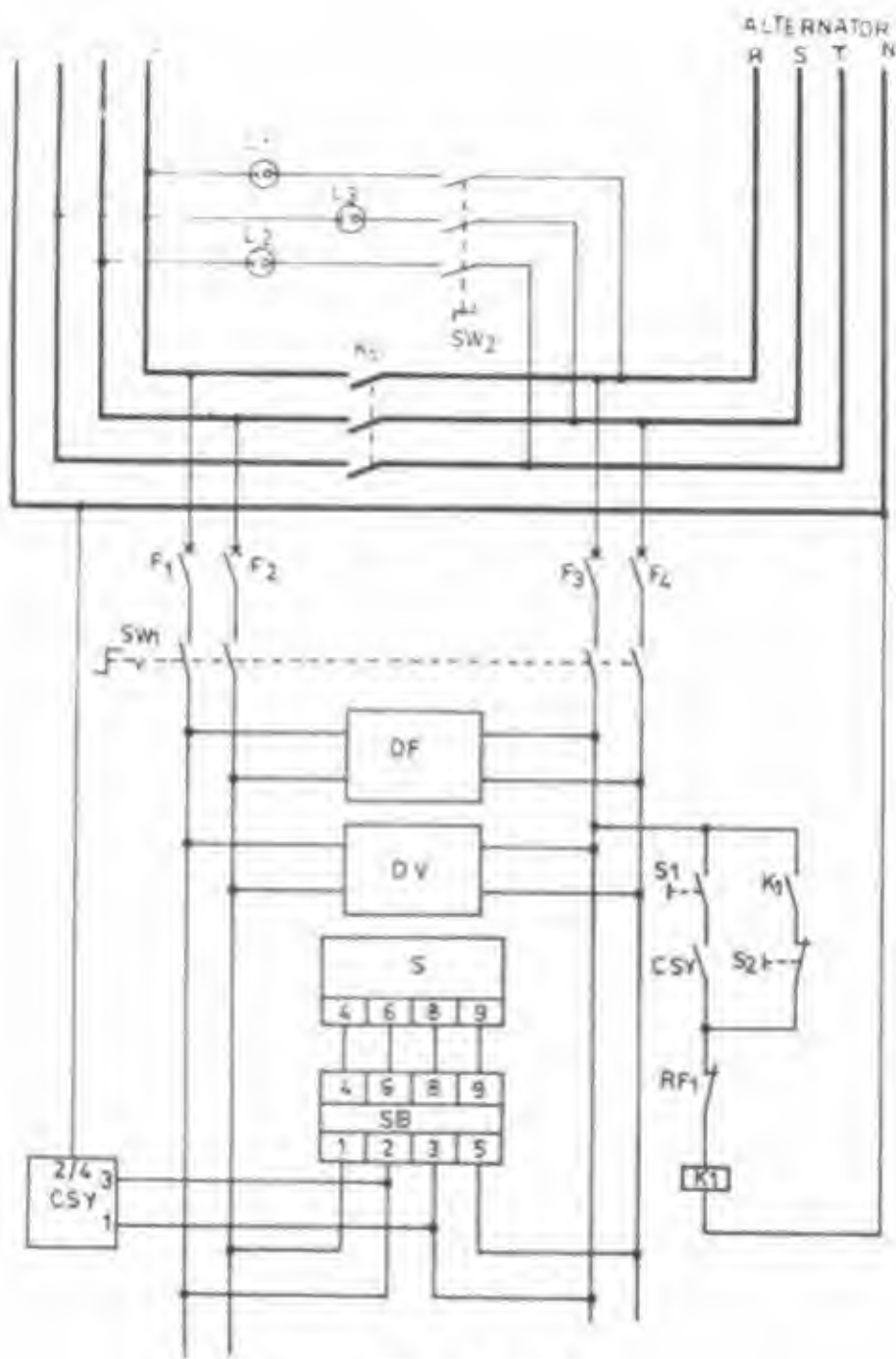
يقوم ريلاي اختبار التزامن بالسماح بإدخال المولد يدوياً / أوتوماتيكياً على قضبان التزامن بدون خوف من إحداث تلف للمولد، حيث تتغير حالة الريش الإضافية لريلاي اختبار التزامن عندما يكون مستوى الجهد والتردد والاختلاف الوجيهى فى حدود التزامن. والشكل (٦ - ٥) يعرض المسقط الرأسى لريلاي اختبار التزامن المصنع بشركة Crompton الإنجليزية.



الشكل (٦ - ٥)

ويلاحظ أن الريلاي مزود بنقطة لمعايرة التفاوت المسموح به فى الجهد لحظة التزامن، ويشراوح ما بين 10:30%، ويتحمل هذا الريلاي تغيير فى جهد المولد والقضبان يصل إلى (+30%:-25%) من الجهد المقنن للريلاي.

والشكل (٦ - ٦) يعرض دائرة التزامن المستخدمة فى إجراء التزامن بين مولد A1-ternator ، وقضبان التزامن Bus. علماً بأنه عند تحقق مطالب التزامن فإن ريلاي اختبار التزامن لن يغلق ريشته المفتوحة إلا بعد تأخير زمنى مقداره 400ms للتأكد من عدم تغير أحد هذه المتطلبات.



الشكل (٦-٦)

حيث إن :

F1: F4	قواطع دائرة تيارها المقنن 2A
DV	فولتميتر بتدرج مزدوج
DF	جهاز قياس تردد بتدرج مزدوج
S	جهاز توافق (سينكروسكوب)
SB	صندوق مقاومات السينكروسكوب
SW1	مفتاح تشغيل مجموعة التزامن
SW2	مفتاح تشغيل لمبات التزامن
L1: L3	لمبات التزامن
Alternator	المولد
Loads	الاحمال
K1	كونتاكتور وصل وفصل المولد مع الاحمال
S1	ضاغط إدخال المولد
S2	ضاغط فصل المولد
CSY	جهاز اختبار حالة التزامن
RF1	ريلاي الخطأ العام علماً بأن ملفه غير مبين بالشكل

نظرية عمل الدائرة :

لإدخال المولد على الاحمال يتم غلق كل من SW1، SW2 مع مراقبة جهد المولد والحمل بواسطة DV، ومراقبة تردد المولد والحمل بواسطة DF، ومراقبة الاختلاف للوجهين بين المولد والحمل بواسطة S، وكذلك لمبات التزامن L1 : L3، فعند تساوى الجهود والترددات، وعند توقف مؤشر السينكروسكوب في أعلى وضع، وعند انطفاء اللمبة L1، ونصوع اللمبتين L2، L3 في هذه الحالة نكون قد وصلنا لوضع التزامن، فيتم الضغط على الضاغط S1، ونظراً لتحقيق شروط التزامن فإن جهاز اختبار التزامن

CSY سوف يغلق ريشته المفتوحة، وكذلك فإن ريلاي الخطأ العام RFI سوف يكون في حالة فصل لعدم وجود أي مشكلة، وبالتالي تكون ريشته المغلقة طبيعياً NC كما هي، فيكتمل مسار تيار الكونشاكثور K، ويعمل الكونشاكثور لبدخل المولد للخدمة لتغذية الاحمال.

والجدير بالذكر انه يجب الحذر من توصيل خطوط تعادل المولدات غير المتشائلة معاً؛ لأن ذلك يؤدي لإحتراقها. وذلك لاختلاف شكل موجات الجهد المتولدة من المولدات غير المتشائلة، الأمر الذي يؤدي لظهور العديد من التوافقيات العالية المستوى High Level Harmonics، والتي تؤدي لإسرار تيارات في وصلات التعادل، الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة ملفات العضو الثابت للمولدات بالدرجة التي تؤدي لإحتراقه إذا لم توجد وسائل الحماية المناسبة من ارتفاع درجة حرارة الملفات.

٣/٦ - التزامن الأنوماتيكي

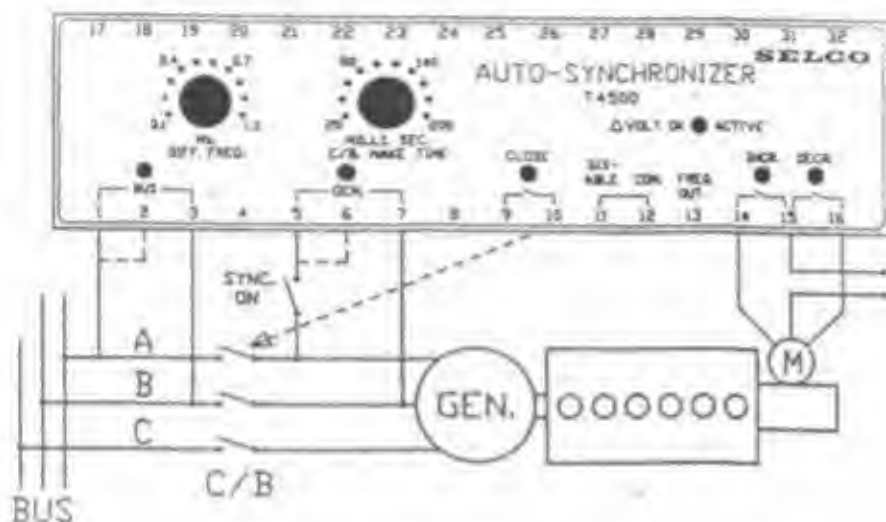
لقد أوضح من الفقرة السابقة أن التزامن اليدوي يحتاج قيام المشغل بضغط كل من سرعة وجهد كل مولد وصولاً للمحطة المناسبة للترزامن، وفي حالة إحقاق المشغل في ذلك، فإنه لن يستطيع الوصول لحالة التزامن حتى ولو استخدم جهاز اختيار التزامن Check Synchronizer، الأمر الذي يحتاج إلى مشغلين مهرة لتشغيل المولدات على التوازي يدوياً.

وحتى يمكن الاستغناء عن المشغل الماهر، يستخدم جهاز التزامن الأنوماتيكي Automatic-Check Synchronizer والذي يراقب كل من الجهد والتردد والانفاق الوجهي، فإذا كانت قيم هذه المتغيرات خارج الحدود المطلوبة، فإنه يرسل إشارات تحكم لأجهزة التحكم في هذه المتغيرات للوصول بها إلى الحدود المطلوبة لإتمام عملية التزامن.

١/٣/٦ - جهاز التزامن الأنوماتيكي Auto- Synchronizer

ويستخدم هذا الجهاز لإجراء عملية التزامن بين مولد وآخر، أو مولد وقطيب التزامن بدون تدخل أي شخص في عملية التزامن، مما يقلل من مشاكل التزامن

المحتملة. ويقوم هذا الجهاز بضبط تردد وزاوية وجه المولد الداخل، وذلك بإرسال إشارة تحكم لحاكم السرعة Speed Governer للمولد الداخل وصولاً للتزامن. والشكل (٦ - ٧) يعرض مخطط توصيل جهاز التزامن اتوماتيكي من صناعة شركة SELCO الإنجليزية.



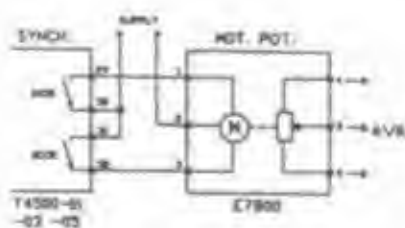
الشكل (٦ - ٧)

ويلاحظ أن الأطراف 14، 15، 16 توصل بالمحرك الموزر المستخدم في التحكم في مضخة الحقن لماكينته إدارة المولد الداخل، في حين توصل الأطراف 1، 2، 3 بوجهين من أوجه قضيب التزامن، أما النقاط 5، 6، 7 فتوصل مع وجهين من أوجه المولد، وذلك عبر ريشة التحكم في بدء عملية التزامن Sync.ON. ويمكن أن تكون هذه الريشة من مفتاح الانتقال الاتوماتيكي ATS. وعند الوصول لحالة التزامن تقوم الريشة 9، 10 بتشغيل القاطع CB الخاص بالمولد الداخل، فيدخل المولد الداخل على التوازي مع قضيب التزامن. ويوزد هذا الجهاز بنقطة معايرة لمعايرة الاختلاف المسموح به في التردد أثناء عملية التزامن، ويشراوح Diff.Freq ما بين

(0.1 : 1.0 HZ)، وكذلك يزود بنقطة معاير المعايرة زمن التأخير لخلق قاطع المولد الداخلى بعد توفر شروط التزامن، ويتراوح ما بين (20:200ms) .

والجدير بالذكر أن تردد المولد الداخلى لحظة التزامن يكون أكبر من تردد قضيب التزامن بالقيمة المعايير عليها نقطة معايرة فرق التردد، ويكون فرق الجهد بين المولد الداخلى وقضيب التزامن تقريباً صفرأ، وعند الاتفاق الوجهى بين المولد وقضيب التزامن تغلق الريشة المفتوحة لجهاز التزامن الاتوماتيكي 9-10 بتأخير زمنى يطابق القيمة المعايير عليها نقطة معايرة زمن التأخير، ويغلق قاطع المولد فيدخل المولد بالتوازي مع قضيب التزامن..

والجدير بالذكر أن جهاز التزامن الاتوماتيكي يعطى إمكانية لضبط جهد المولد أيضاً، ولكن هذا يحتاج لمقاومة متغيرة بمحرك Motor Pot متصل كما بالشكل (٦ - ٨)، حيث توصل المقاومة المتغيرة ذات المحرك مع منظم جهد المولد الداخلى، وعادة يحتاج محرك المقاومة المتغيرة لجهد إضافى يكون عادة جهد دوائر التحكم للمولد مثل: +24V، وبذلك يمكن لجهاز التزامن الاتوماتيكي الوصول بجهد المولد الداخلى للقيمة المطلوبة.



الشكل (٦ - ٨)

٦ / ٤ - تقسيم القدرة غير الفعالة بين المولدات الموصلة على التوازي
عند توصيل مولدين معاً على التوازي، وعند عدم حدوث اتزان فى المجال

الرئيسية للمولدات، فإن هذا سيؤدي إلى تحرير تيار دوران بين المولدات، وهذا سيظهر في صورة معامل قدرة متأخر للمولد الذي له مجال زائد، في حين يظهر في صورة معامل قدرة متقدم للمولد الذي له مجال منخفض، ونسبي هذه الحالة بحالة دوران التيارات غير الفعالة. وفيما يلي أهم الطرق المستخدمة للحد من دوران التيارات غير الفعالة. بين المولدات الموصلة على التوازي:

١ - التعويض بتحقيق القدرة غير الفعالة Reactive Droop Compensation
وتحتاج هذه الطريقة إلى:

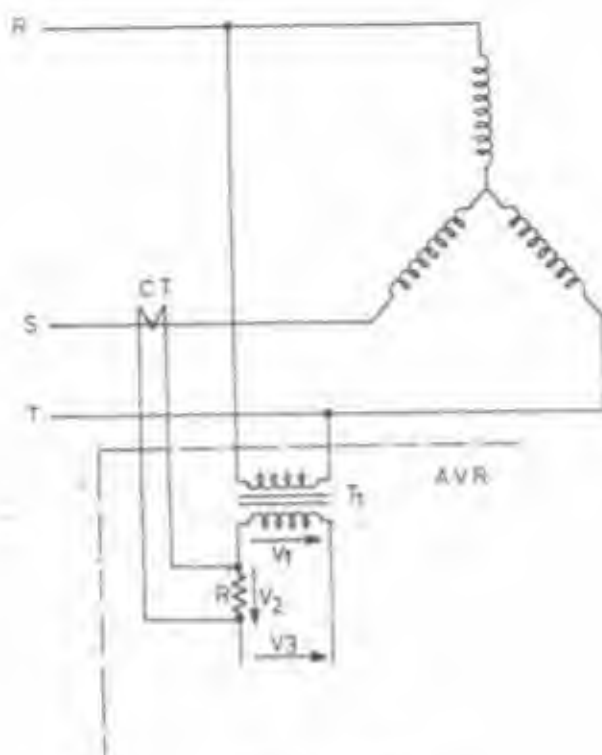
أ - توصيل الملف الثانوي لمحولات التيار الموصلة مع منظمات الجهد AVR'S للمولدات الموصلة على التوازي داخل حلقة مغلقة.

ب - تمثيل دوائر التوازي Parallel Compensation في منظمات الجهد للمولدات الموصلة على التوازي.

ج - يجب أن تكون محولات التيار لها ملفات ثانوية معزولة عن الخطوط الرئيسية للمولدات؛ علماً بأن عدد المولدات التي يمكن توصيلها على التوازي ليس له عدد محدد.

د - يجب استخدام قاطع رئيسي لكل مولد مزود بربشة مغلقة طبعياً تحدث قصر على ثانوي محول الفيار، عندما يكون المولد متوقفاً.

ويمكن فهم نظرية عمل دوائر التعويض بتحقيق القدرة غير الفعالة من الشكل (٦ - ٩).



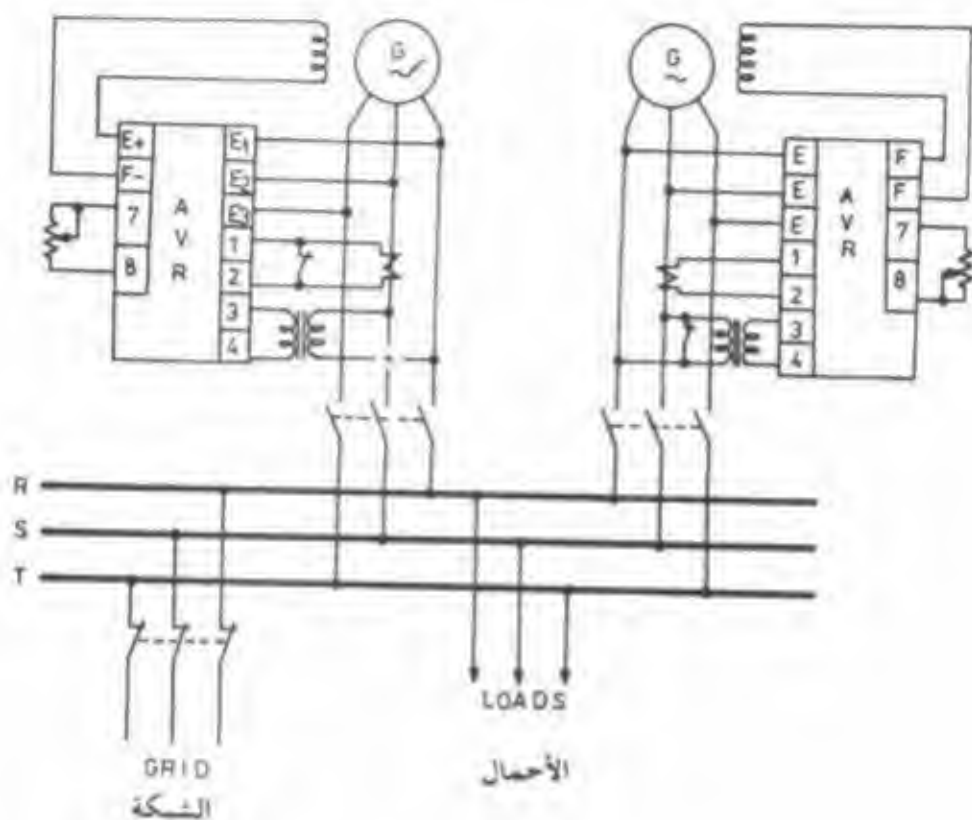
الشكل (٦ - ٩)

وبالاحظ أن جهد التغذية المتردد والذي يصل إلى متحكم الجهد AVR ، وهو محصلة جهد الملف الثانوي محول الجهد T_1 ، وجهد ثانوي محول التيار CT والمشكل على المقاومة R؛ أي أن الجهد V_3 هو محصلة الجهد V_1 (جهد ثانوي محول الجهد T_1) والجهد V_2 (جهد ثانوي محول التيار المتشكل على المقاومة R) .

فكلما كان معامل القدرة للمولد متأخراً ازداد جهد التغذية المتردد المحصل ، فيقل تيار المجال . وعندما يكون معامل القدرة للمولد متقدماً انخفض جهد التغذية المتردد المحصل V_3 . ازداد تيار المجال ازداد جهد خرج المولد .

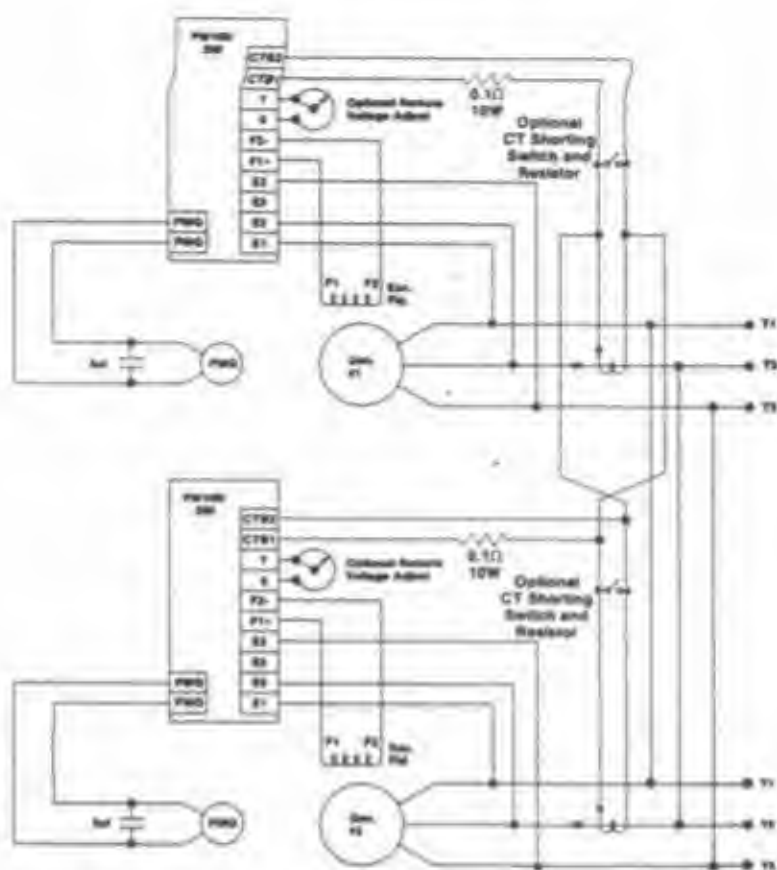
وعند حدوث قصر على أطراف المولد يصبح معامل القدرة للمولد متأخراً جداً ، أى يقترّب من الصفر الأمر الذى يؤدي لتقليل تيار المجال لأقل قيمة ممكنة .

والشكل (٦ - ١٠) يبين طريقة توصيل المولدات على التوازي على قضيب عمومي واحد (أى متصل بالشبكة الموحدة).



الشكل (٦ - ١٠)

٢ - التخفيض الفرقى للمقدرة غير الفعالة Reactive Differential Comp وتستخدم هذه الطريقة عند توصيل المولدات على التوازي على قضيب خاص بهم وغير متصل بالشبكة الموحدة كما بالشكل (٦ - ١١). علماً بأن توصيلة محولات التيار الموضحة في هذا الشكل عندما يكون تتابع الأوجه A-B-C، أما إذا كان تتابع الأوجه A-B-C يجب عكس أطراف محول التيار مع الأطراف CTB_2, CTB_1 .



الشكل (٦ - ١١)

وفي هذه الطريقة فإن كل الإشارات المتولدة من محولات التيار تلغى بعضها عندما تكون تيارات المولدات متساوية ومتفقة في الوجه، وبالتالي لن يحدث تخفيض الجهد التشغيل العام للمجموعة. ويلاحظ أنه يجب توصيل الريشة مغلقة من قاطع المولد بالتوازي مع الملف الثانوي تحول التيار، وذلك لمنع حدوث انخفاض جهد المولدات العاملة معاً على التوازي فمحول تيار المولد المتوقف لا يكون له إشارة تعويض كبقية المولدات، كما أن عدم استخدام هذه الريشة يجعل جهد المولد

الداخل متذبذباً، مما يمنع إمكانية إحداث تزامن له مع باقى المولدات حيث يجب أن تبقى هذه الريشة مغلقة لحين دخول المولد على قضيب التزامن.

أما عند عمل المولد بمفرده يجب أن تكون الريشة الموصلة بالتوازي مع محول التيار مغلقة لمنع وصول أى إشارة إلى دائرة التعويض أثناء عمل المولد بمفرده.

٥ / ٦ - تقسيم الأحمال بين المولدات التى تعمل على التوازي

يوجد طريقتان لتشغيل المولدات على التوازي وهما :

١ - طريقة Droop أى تقليل السرعة مع زيادة الأحمال. وتستخدم هذه الطريقة عند تشغيل مجموعة مولدات بالتوازي مع الشبكة الموحدة، وتعرف النسبة المثوية للتخفيض (Droop%) من المعادلة التالية :

$$\text{Droop}\% = \frac{F_n - F_p}{F_n} \times 100 \rightarrow 6.1$$

حيث إن :

F_n التردد عند اللاحمل

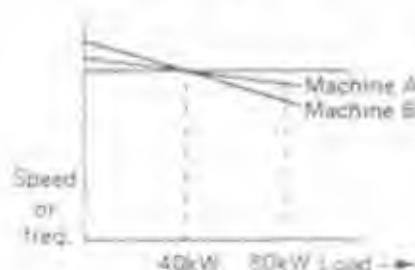
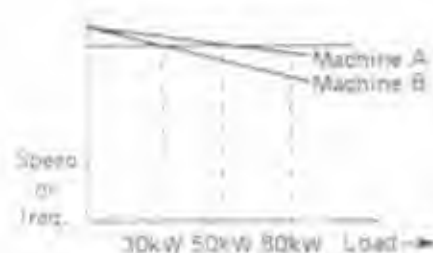
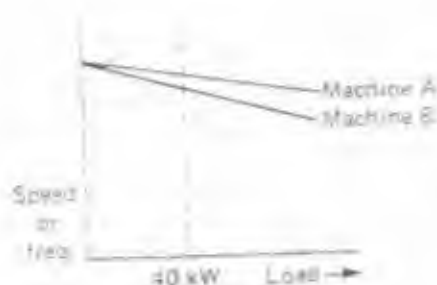
F_p التردد عند الحمل الكامل

فعند توصيل مولد محكوم بمنظم سرعة يعمل بطريقة Droop مع الشبكة الموحدة (الكهرباء العمومية)، فإذا كان الحمل المحلى أكبر من قدرة المولد فإن الشبكة سوف تعوض هذا الفرق، أما إذا كان الحمل المحلى أقل من قدرة المولد فإن قدرة المولد الفائضة سوف تغطى للشبكة الموحدة. والشكل (٦ - ١٢) يعرض ثلاث حالات لتوزيع الأحمال على مولدين A, B يعملان بطريقة Droop. (فالشكل أ) إذا كان المولدان لا يعملان على التوازي، (والشكل ب) إذا كان المولدان يعملان على التوازي وهم فى حالة عدم اتزان، ويلاحظ أن الأحمال غير مقسمة بالتساوى عند السرعة المثبتة.

فالمولد A محمل بحمل 30KW، والمولد B محمل بحمل مقداره 50KW والحمل الكلى 80KW.

(والشكل ج) إذا كانت المولدات

تعمل على التوازي وهي في حالة التوازن .
وبلاحظ أن الأحمال مقسمة بالتساوي
عند السرعة المقتنة، فكل مولد يحمل
بحمل مقداره 40KW، والحمل الكلي
لهما 80KW، ومن ذلك نستنتج أن
تقسيم الأحمال غير المتناسب مع قدرة
المولدات يؤدي إلى عدم استقرار تشغيل
مجموعة المولدات الموصلة على التوازي،
فزيادة الأحمال على أحد المولدات عن
الحد المسموح به يؤدي إلى فصل القاطع
الخاص بالمولد، ومن ثم يزداد الحمل على
باقي المولدات فتخرج المولدات الواحدة
بعد الأخرى، ومن أجل الوصول إلى
تقسيم متناسل للأحمال بين المولدات
العاملة بطريقة Droop يلزم الأمر ضبط
منظم سرعة هذه المولدات على جهد
مرجعى واحد، ونسبة مئوية للتخفيض
Droop% واحدة تماماً وهذا عملياً لا
يمكن تحقيقه لذلك كان من
الضروري استخدام جهاز تقسيم
أحمال Load Sharer مع كل مولد
للوصول للتقسيم المطلوب



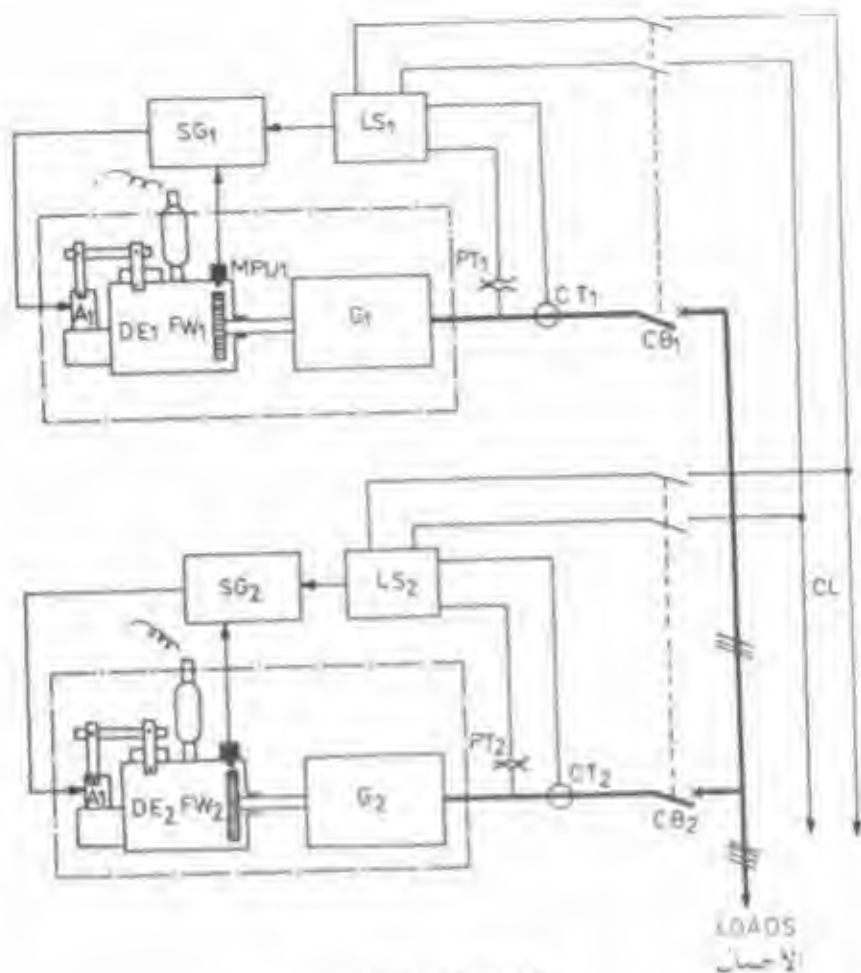
الشكل (٦-١٢)

٢ - طريقة Ischronous أي ثبات السرعة مع تغير الأحمال . وتستخدم هذه الطريقة
عادة لتشغيل مجموعة من المولدات بالتوازي في معزل عن الشبكة الموحدة .
والجدير بالذكر أنه عند تشغيل مولدين على التوازي كليهما محكوم بمنظم

سرعة يعمل بطريقة Ischronous يكون من المستحيل ضبط القيمة المرجعية لسرعتيهما عند قيمة واحدة، الامر الذى سيجعل المولد الذى له سرعة مرجعية أكبر محمل بكل الحمل، والمولد الذى له سرعة مرجعية أقل غير محمل، وهذا بالطبع يحتاج لنظام تحكم قادر على معرفة احمال كل المولدات؛ لذلك يستخدم جهاز تقسيم احمال Load Sharer لكل مولد مع توصيل مقسمات الاحمال معاً بخط اتصالات *Communication Link* كما بالشكل (٦ - ١٣).

حيث إن :

G_1, G_2	المولدات الموصلة على التوالى
DE_1, DE_2	ماكينات الديزل للمولدات
A_1, A_2	عناصر فعل مضخات حقن ماكينات الديزل
MPU_1, MPU_2	مجسات السرعة
SG_1, SG_2	منظمات السرعة
LS_1, LS_2	مقسمات احمال المولدات
CT_1, CT_2	محولات تيار
PT_1, PT_2	محولات جهد
CL	خط اتصالات
Loads	الاحمال



الشكل (٦ - ١٣)

١ / ٥ / ٦ - تقسيم الأحمال يدوياً على المولدات التي تعمل على التوازي

بعد إدخال مولد على التوازي مع مولد آخر يلزم تحميل المولد الداخل بالحمل الخاص به، ويتم ذلك برفع سرعة المولد الداخل بواسطة حاكم السرعة حتى يحمل بالحمل المطلوب، ويتم التحقق من ذلك بواسطة جهاز قياس الكيلو وات وجهاز الأميتر، أما إذا وجد أن المولد الداخل قد حمل بحمل زائد فإنه يجب تقليل الحمل عليه بواسطة تقليل سرعته بواسطة حاكم السرعة الخاص به.

والجدير بالذكر أنه يجب تقسيم الأحمال على المولدات تبعاً لمقنن كل مولد، ويتم ذلك بمقارنة قراءات أجهزة الأميترات الخاصة بهم بشبكاتهم الاسمية، وعند خروج أحد المولدات الموصلة على التوازي من الخدمة يجب إعادة تقسيم الأحمال على المولدات التي في الخدمة، ويجب أن نفرق بين عدم الاتزان في تقسيم الأحمال والناتج عن فشل المشغل في تقسيم الأحمال، وبين التيارات الدوارة التي تسبب عدم التوازن قراءة الأميترات، والمثال التالي يوضح ذلك:

(مولدان) سعة كل منهما 100KVA موصلان على التوازي، وكانت أحمال المولدات 150KVA ولها معامل قدرة 0.8 متاخر. وفيما يلي ثلاث حالات مختلفة لتوزيع الأحمال على المولدين كما يلي:

الحالة الأولى:	V	A	KW	KVA	PF
المولد الأول	400	108	50	75	0.8
المولد الثاني	400	108	50	75	0.8

وبلاحظ تساوي القدرة الفعالة للمولدين 50KW، والقدرة الظاهرة (KVA) ومعامل القدرة 0.8، وهذه الحالة هي الحالة المثالية حيث يوجد تقسيم متساو للأحمال مع عدم وجود تيار دوارة بين المولدين.

الحالة الثانية:	V	A	KW	KVA	PF
المولد الأول	300	144	80	100	0.8
المولد الثاني	400	72	40	50	0.8

وبلاحظ اختلاف القدرة الفعالة والقدرة الظاهرة والتيار للمولدين، وهذا يدل على توزيع غير متساو وعدم وجود تيار دوارة.

الحالة الثالثة	V	A	KW	KVA	PF
المولد الأول	400	192	80	133	0.6Lag
المولد الثاني	400	62	40	43	0.93Lead

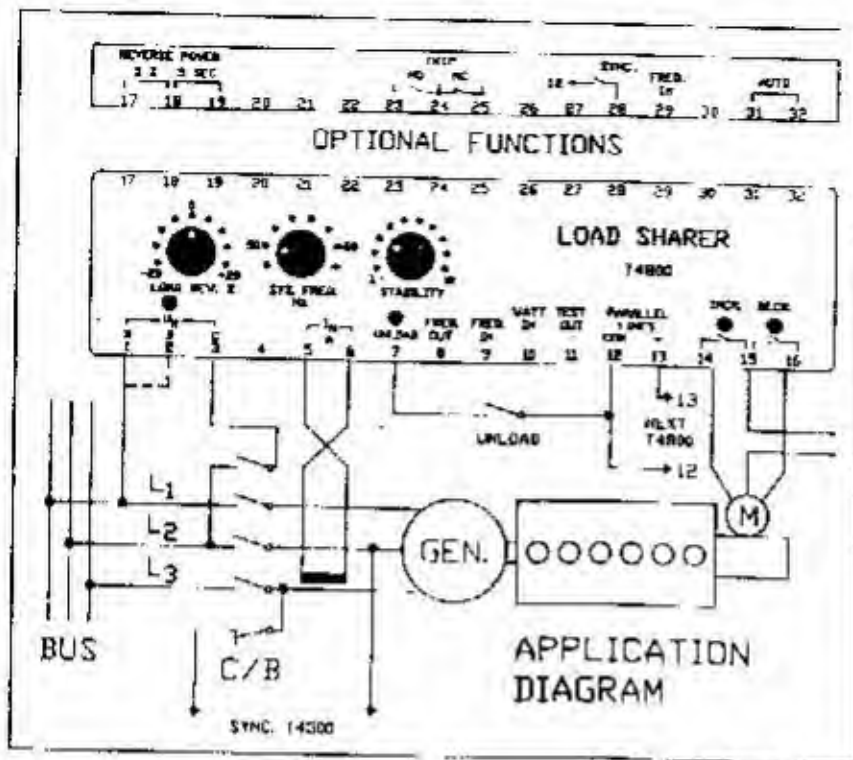
وبلاحظ عدم تساوى القدرة الفعالة ولا القدرة الظاهرية ولا التيار ولا معامل القدرة، وحيث إن المولد الأول يكون محملاً بقدرة ظاهرية مقدارها 133KVA عند معامل قدرة 0.6 متاخر Log، وبالثاني فإن المولد الأول سوف يتعرض لحمل زائد يؤدي لفصل قاطعة الرئيسى أو تلف، إما العضو الثابت أو العضو الدوار، أما المولد الثاني فإنه يكون غير محمل بحمليه الكامل

والمحذير بالذكر أن معامل القدرة المتأخر Lag أو المتقدم Lead صعب ملاحظته إلا باستخدام أجهزة قياس معامل القدرة لكل مولد.

٦ / ٥ / ٢ - جهاز تقسيم الأحمال Load Sharer

نستخدم أجهزة تقسيم الأحمال فى تقسيم الأحمال على المولدات المتوازية، وكذلك التحكم فى تردد المولدات. ويخصص جهاز تقسيم أحمال لكل مولد.

والشكل (٦ - ١٤) يعرض مخطط توصيل جهاز تقسيم أحمال من صناعة شركة SELCO البريطانية.



الشكل (٦ - ١٤)

ويلاحظ أن الأضراف (1, 3) أو (2, 3) توصل مع الأوجه 1, 2, 1, 1 للمولد تبعاً لجهد أضراف المولد عبر ريشة مفتوحة من قاطع المولد. أما الأضراف 5, 6 فتوصل مع أطراف محول تيار مثبت على الوجه 1, 2 مع ملاحظة فطمية تحويل التيار ويجب التأكد من صحة تتابع الأوجه للمولد.

ويوجد ريشتان إضافيتان مفتحتان طبيعياً في مقسم الاحمال بين النقاط (14, 15, 16) تعمل على التحكم في محرك مؤازر وتحكم في مضخة الحفن للماكينة الديزل، ومن ثم التحكم في سرعة الماكينة.

وتوصيل الأطراف (12, 13) لمقسم الاحمال مع مدخلاتها في مقسمات احمال المولدات الاخرى الموصلة معاً على التوازي.

ويمكن تشغيل المولد بدون حمل وذلك بغلق ريشة مفتاح بين الأطراف 7, 12 لمقسم الاحمال . وعند توصيل المولد مع الكهرباء العمومية بالذوازي يجب عمل قصر بين النقاط 8, 12 ، وذلك لعدم الحاجة للحكم في التردد ، ويمكن التحكم في تردد المولد تبعاً لإشارة قادمة إلى التقطعين 9, 12، وهذه الإشارة يمكن الحصول عليها من جهاز التزامن الآتوماتيكي أثناء سلسلة التزامن فقط، وتستخدم الريشة القلاب 23, 24, 25 لفصل قاطع المولد عند انعكاس القدرة أو عند انخفاض حمل المولد عن القيمة المعيار عليها جهاز مقسم الاحمال.

عند انعكاس 10% من القدرة المثبتة للمولد على المولد، وبعد تأخير 10S (عشرة ثواني) يحدث انعكاس لحالة الريشة القلاب 23 - 24 - 25، وكذلك عند انخفاض حمل المولد عن 5% من الحمل المفقود يحدث فصل للمولد نتيجة لانعكاس الريشة القلاب 23 - 24 - 25.

ويجب عدم قصر بين التقطعين 31 - 32 في حالة الرغبة لفصل المولد عند انخفاض حمل المولد عن 5% من الحمل المفقود.

وفيما يلي نقاط المعايرة في جهاز مقسم الاحمال الذي يصده:

١ - نقطة معايرة انحراف الاحمال % Load Dev، ودرج انحراف الاحمال المسموح به ما بين (20% + - 20%) وتستخدم هذه الخاصية في التقسيم الدقيق للاحمال او في حالة توصيل المولدات ذات السعات المختلفة.

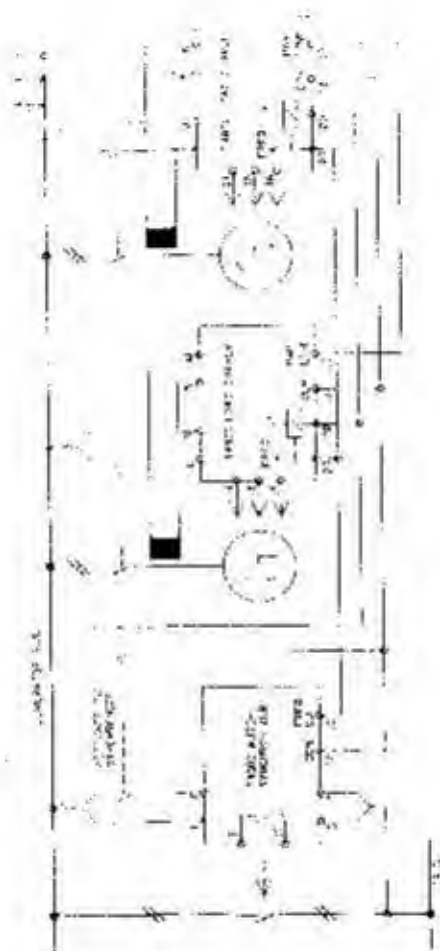
٢ - نقطة معايرة التردد Sys.Freq ويتم ضبطه على 50 HZ، عندما يكون تردد الشبكة 50 HZ، أو ضبطها على 60 HZ، عندما يكون تردد الشبكة 60 HZ.

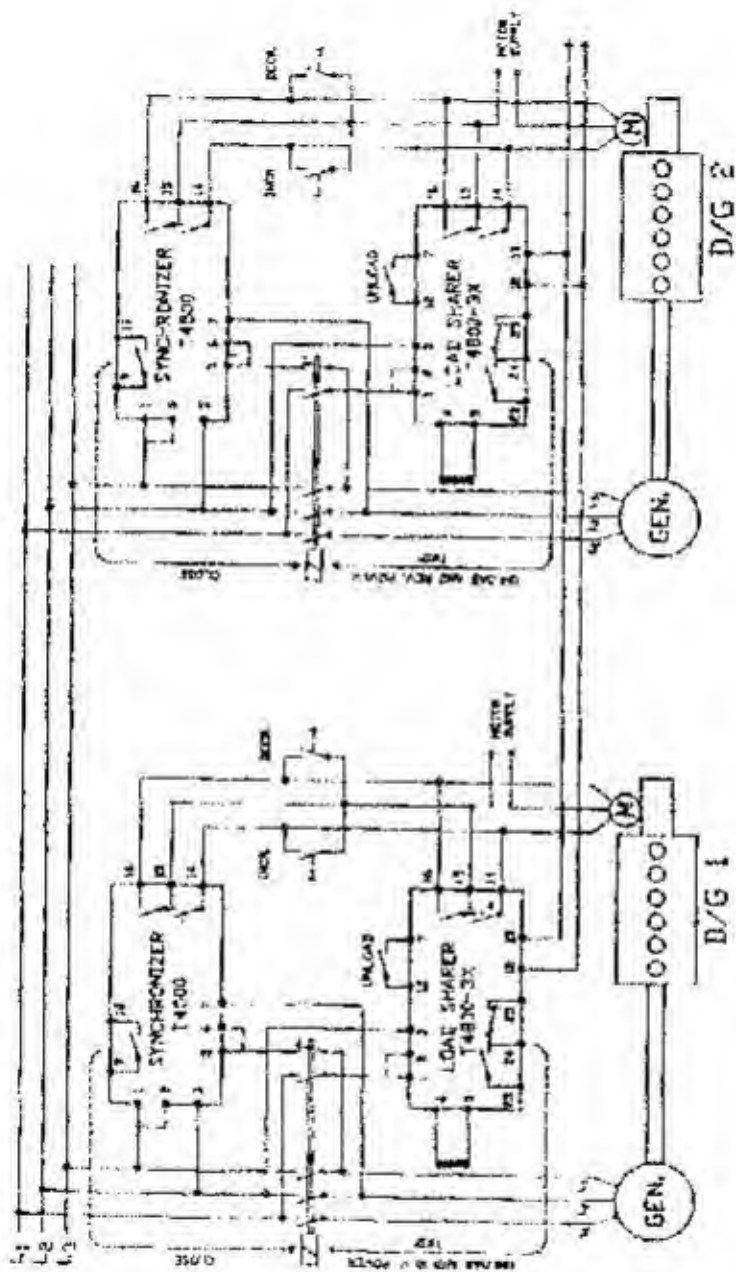
٣- لفظة الاستقرار (Stability)، وتستخدم لتجنب الأضرار في تقسيم الأحمال، ويجب ضبطها عند أقل قيمة ممكنة، وذلك من أجل الوصول للاستقرار في أقل زمن ممكن.

ويجدير بالذكر أنه يعمل التزامن المولد بين مع الشبكة الموحدة يجب استخدام جهاز التزامن التوماتيكي Synchronizer لكل مولد، وآخر للشبكة Grid، وكما نرى يستخدم جهاز تقسيم الحمل Load sharer لكل مولد. الشكل (١٥-١٠) يوضح طريقة توصيل جهاز التزامن الخاص بالشبكة الموحدة Grid مع أجهزة التوزيع الأحمال للمولدات؛ علماً بأن أجهزة التزامن للمولدات غير مبنية بهذا الشكل.

ويلاحظ أيضاً أن جهاز التزامن الشبكة الموحدة هو الذي يحكم في تردد المولدات أثناء بداية التزامن عبر النقاط 12, 29, 28 الخاصة بآلية تقسيم الأحمال. وفي اللحظة المناسبة تغلق الريشة المفتوحة 10-9 لجهاز التزامن المشددة الموحدة لتدخل بالتوازي مع المولدات؛ علماً بأن الأجهزة المستخدمة في هذا الشكل من التوزيع شركة SFLCO.

الشكل (١٥ ٨)





الشكل (٦-١١)

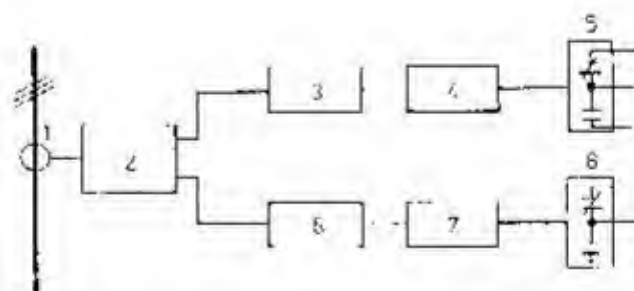
والشكل (٦ - ١٦) يوضح مخطط توصيل مواعين على التوالي حيث يختص لكل مواعين جهاز ذو اسم Synchronizer. وجهاز انصاف احمال Load starter. ويلاحظ ان اشترك المواعين بالتحكم في مضخة حقن ماكينات التدوير لكل مواعين. كما توجد بواسطة جهاز التزامن وجهاز تقسيم الاحمال وكذلك يوجد ابر مدونة زيادة وتناقص السرعة DECUR، وصانعة زيادة السرعة INCR، ويتم توصيل المعدادين 12 و 7 لكل مواعين انصاف احمال مع ريشة مفتوحة من ريلاي تيار مزدوج، او من جهاز قياس تيار حثي (مدونة بومرلة لضبط اقل تيار يحمل به المولد)، فعند انخفاض التيار المسحوب من المولد، عن الحد الأدنى المسموح به تعيق الريشة المتصلة بين التفتيشين 12 و 7، فتصبح احمال المولد متساوية للصفر.

ويلاحظ ان في اقل المحرك المواعين M يتم تغذيته بمصدر جهدي خارجي فذلك ان يكون مصدر احمال.

عند ان اجهزة المستخدمة في هذا الشكل من إنتاج شركة SELCO البريطانية.

٣ / ٥ / ٦ ريلاي التيار المزدوج Dual Current relay

يتم ريلاي التيار المزدوج بالتحكم في بدء أو إيقاف مولد التوربينات في القيد الحثي. والشكل (٦ - ١٧) يعرض المخطط الرئيس لريلاي التيار المزدوج من شركة SELCO البريطانية.



الشكل (٦ - ١٧)

حيث إن:

1	محولات تيار مشنتة على الأوجه الثلاثة للمولد
2	دائرة إحساس بالتأخير
3	دائرة تيار البدء
6	دائرة تيار الإيقاف
4,7	دوائر تأخير زمني
5,8	مفتاح كهرومغناطيسي للبدء وآخر للتوقف

ويكون المفتاح الكهرومغناطيسي الخاص بالبدء 5 في حالة تشغيل في الوضع الطبيعي، بينما يكون المفتاح الكهرومغناطيسي الخاص بالتوقف 8 في حالة فصل في الوضع الطبيعي. فعندما يتعدى التيار في أحد أوجه المولد القيمة المعيار عليها تيار البدء للجهاز والتي تتراوح ما بين $(0.3 : 1.2In)$ ، حيث إن In هو التيار المقنن لربلاي التيار المزدوج يفصل المفتاح الكهرومغناطيسي للبدء ليعطي إشارة البدء لبدء مولد آخر.

وعند انخفاض تيار أحد أوجه المولد القيمة المعيار عليها تيار الإيقاف للجهاز والتي تتراوح ما بين $(0.2 : 0.8In)$ بتأخير زمني يتراوح ما بين $(1 : 10min)$ فإن المفتاح الكهرومغناطيسي للتوقف سوف يعمل، ومن ثم تنبلي إشارة إلى مقسم أحمال المولد لفصل الأحمال عن المولد استعداداً لإيقافه، علماً بأنه يوجد مؤقت داخلي زمنه 30S يعمل على استمرارية إشارة الإيقاف حتى تفصل الأحمال تماماً من المولد.

مثال لضبط ربلاي التيار المزدوج:

نفرض أن التيار المقنن للمولد 795 A وأتينا استلحدنا محول تيار كه نسبة تحويل 1000/5، فإذا كان تيار البدء يساوي 90% من التيار المقنن للمولد أي يساوي:

$$= \frac{90}{100} \times 795 = 715A$$

وبالتالى فإن قيمة معايرة تيار البدء لريلاي التيار المزدوج تساوى:

$$= \frac{715}{1000} = 0.715 \text{ IN}$$

وإذا كانت قيمة تيار الإيقاف للمولد تساوى 40 % من التيار المقنن للمولد أى تساوى:

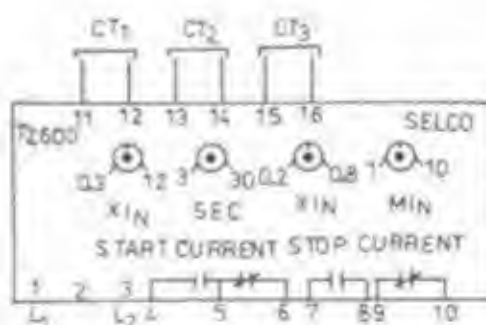
$$= \frac{40 \times 795}{100} = 318 \text{ A}$$

فإن قيمة معايرة تيار الإيقاف لريلاي التيار المزدوج تساوى:

$$= \frac{318}{1000} = 0.318 \text{ IN}$$

ويجب أن يكون تيار الإيقاف للمولد أقل من 50 % من تيار بدء المولد، وهذا متحقق في هذه الحالة.

والشكل (٦ - ١٨) يعرض المسقط الرأسى لريلاي تيار مزدوج مصنع بشركة SELCO البريطانية.



الشكل (٦ - ١٨)

الباب السابع
ماكينات الديزل

ماكينات الديزل

١ / ٧ - أنواع ماكينات الديزل Diesel Engine

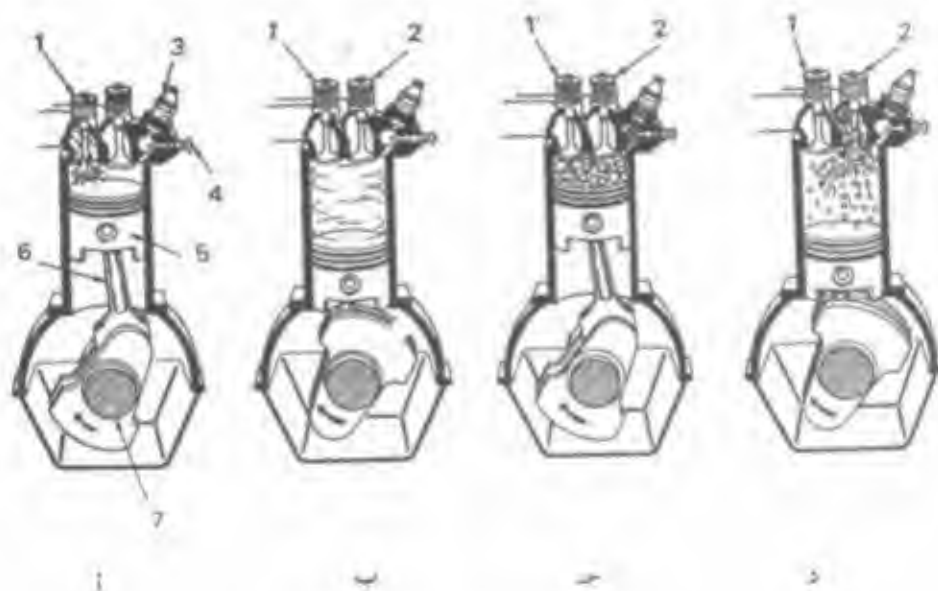
يمكن تقسيم ماكينات الديزل من حيث عدد الأشواط في الدورة الواحدة إلى :

١- ماكينات ديزل رباعية الأشواط Four strokes .

٢- ماكينات ديزل ثنائية الأشواط Two strokes .

١ / ١ / ٧ - ماكينات الديزل الرباعية الأشواط

الشكل (٧ - ١) يعرض الأشواط الأربعة في ماكينات الديزل الرباعية الأشواط ،



الشكل (٧ - ١)

حيث إن :

5	المكبس	1	صمام السحب
6	ذراع التوصيل	2	صمام العادم
7	عمود المرفق	3	رشاش الوقود
		4	شمعة التسخين

أولاً: شوط السحب (الشكل أ) : وفيه يفتح صمام السحب 1 بالقرب من النقطة الميتة العليا، ويهبط المكبس 5 ويعمل كمضخة إزاحة فعلية لیسحب الهواء النقي عبر صمام السحب.

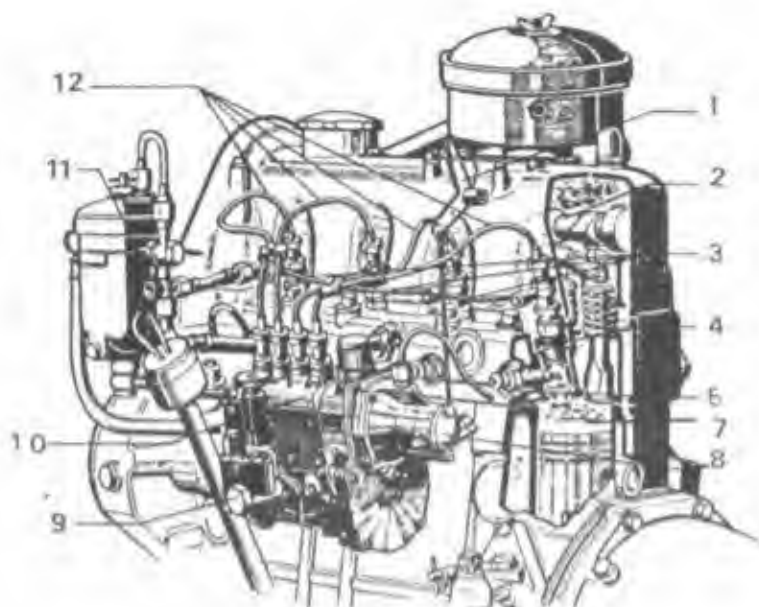
ثانياً: شوط الانضغاط (الشكل ب) : فبعد اجتياز المكبس 5 النقطة الميتة السفلى يغلق صمام السحب 1، ويصعد المكبس 5 لأعلى ضاغظاً الهواء.

ثالثاً: شوط القدرة (الشكل ج)، فعند اقتراب المكبس 5 من النقطة الميتة العليا، يتم حقن وإشعال الوقود، وتعتمد الغازات المحترقة وتدفع المكبس 5 لأسفل.

رابعاً: شوط العادم (الشكل د) فعند الاقتراب من النقطة الميتة السفلى يفتح صمام العادم 2، ويصعد المكبس 5 بعمل مرة أخرى كمضخة إزاحة طارداً بذلك الغازات المحترقة خارج الأسطوانة، وبعد اجتياز المكبس النقطة الميتة العليا يغلق صمام العادم.

والجدير بالذكر أن كل دورة كاملة تحتاج لدورتين لعمود المرفق.

والشكل (٧ - ٢) يعرض نموذجاً لماكينته ديزل (بأربع) أسطوانات رباعية الأشواط.



الشكل (٧ - ٢)

حيث إن :

١	مكبس	٧	فلتر هواء
٢	منظم مضخة الحقن	٨	روافع منظم السرعة
٣	مضخة التغذية	٩	عمود الحديبات
٤	مضخة الحقن	١٠	خراطيم الزيت الفائض
٥	مرشح الوقود	١١	رشاش
٦	مواسير الرشاشات	١٢	شمعة تسخين

٢ / ١ / ٧ - ماكينات الديزل الثنائية الأشواط

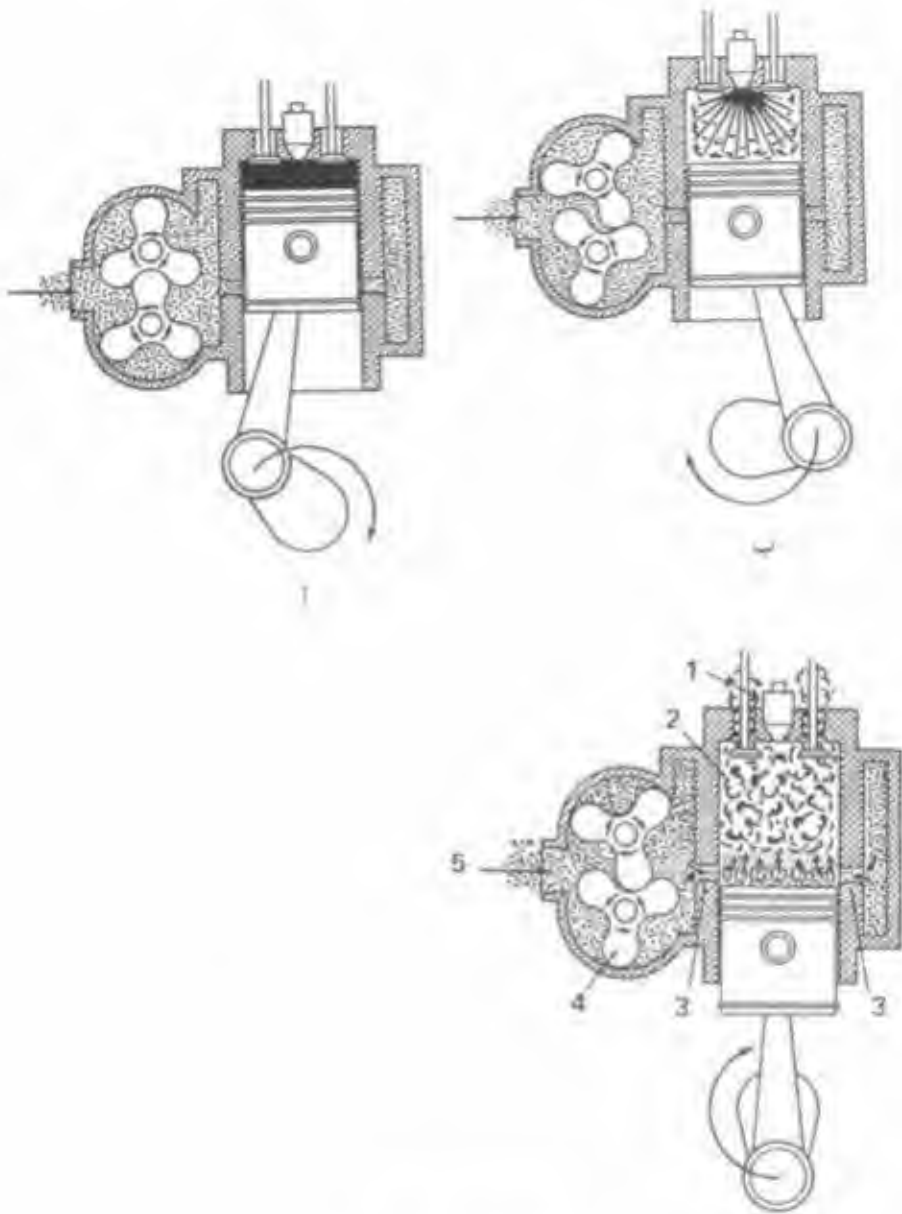
تشكون دورة التشغيل لهذه الماكينات من شوط الانضغاط، وشوط القدرة. أما عمليتي العادم والسحب فيتعا بعد احتياز المكبس النقطة الميتة السفلى، حيث يتم

الإمداد بهواء السحب من خلال مروحة خارجية.

والشكل (٧ - ٣) يعرض شروط الانتضاط (الشكل أ) ، وشروط القدرة (الشكل ب) ، وعمليتي العادم والسحب (الشكل ج) .

حيث إن :

- | | |
|---|-------------------|
| 1 | رشاش الوقود |
| 2 | غازات العادم |
| 3 | مدخل هواء السحب |
| 4 | مروحة |
| 5 | دخول الهواء الجوي |



الشكل (٣ - ٧)

أولاً : شوط الانضغاط :

يصعد المكبس من النقطة الميتة السفلى تقفل فتحات السحب 3، وتغلق صمامات العادم، ويتم انضغاط الهواء، وقبل الوصول للنقطة الميتة العليا يتم حقن الوقود .

ثانياً : شوط القدرة :

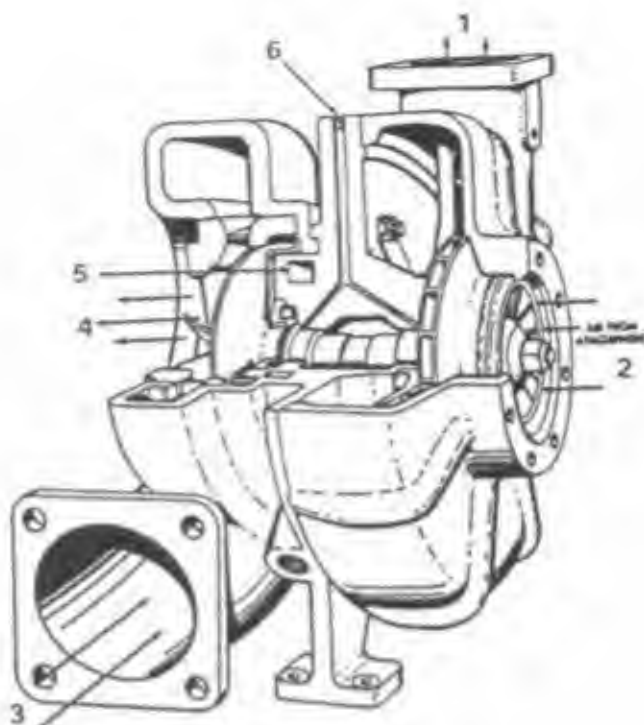
عند حقن الوقود قرب النقطة الميتة العليا يشتعل الوقود، وتنمدد الغازات المحترقة، وتدفع المكبس لأسفل، ويبدأ شوط القدرة .

عمليات السحب والعادم :

قبل وصول المكبس للنقطة الميتة السفلى تفتح صمامات العادم مسببة غازات الاحتراق من خلال مجرى العادم، ويندفع الهواء من المروحة، لإخراج غازات العادم، وذلك بعد أن تنكشف فتحات السحب 3، ويتم دفع الهواء النقي بواسطة المروحة 4، ويقوم الهواء الداخل بطرد المتبقى من غازات العادم، وتبريد المكبس والاسطوانة وملئ الاسطوانة بالهواء النقي .

والجدير بالذكر أنه عادة يستخدم شاحن توربيني Turbo charger في ماكينات الديزل ذات القدرات العالية؛ سواء الثنائية الأشواط أو الرباعية الأشواط؛ وذلك من أجل رفع كفاءة ماكينة الديزل؛ حيث يعمل الشاحن التوربيني على استغلال الطاقة الحرارية الموجودة في غازات العادم في إدارة توربينة حرارية تقوم بإدارة ضاغط يعمل على ضغط الهواء الجوي؛ وبذلك يمكن إدخال هواء مضغوط لغرف الاحتراق في الاسطوانات بدلاً من الهواء الجوي .

والشكل (٧ - ٤) يعرض نموذجاً لشاحن توربيني .



الشكل (٧ - ٤)

حيث إن:

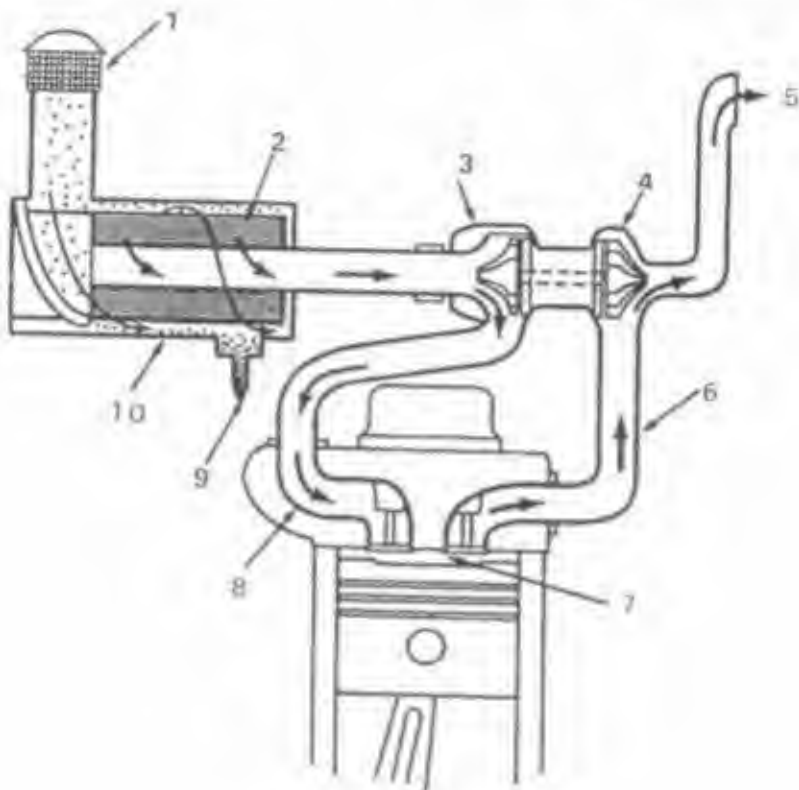
- | | | | |
|---|---------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | هواء مضغوط يصل للأسطوانات | 4 | خروج الهواء العادم للهواء الجوى |
| 2 | دخول الهواء الجوى | 5 | مسارات ماء التبريد |
| 3 | هواء العادم الساخن | 6 | مسارات دخول الزيت من المحرك |

والشكل (٧ - ٥) يوضح فكرة عمل الشاحن التوربيني فى ماكينة ديزل رباعية الأشواط.

حيث إن:

- | | | | |
|---|-------------------|---|--------------------|
| 1 | دخول الهواء | 6 | هواء العادم الساخن |
| 2 | عنصر ترشيح الهواء | 7 | غرفة الاحتراق |

8	مواسير دخول الهواء	3	الضاغط
9	صمام عدم التحميل	4	التوربينة
10	جسم مرشح الهواء	5	هواء العادم الخارج للهواء الجوي



الشكل (٥ - ٧)

٧ / ٢ - أجزاء ماكينة الديزل

تتكون ماكينة الديزل من :-

- كتلة المحرك ويتكون بدوره من :

١ - كتلة الاسطوانات وعمود المرفق .

ب - مجموعة عمود المرفق والمكابس .

ج - رأس الاسطوانات.

د - حوض الزيت.

- مرفقات وتشمل على:

أ - دورة التبريد.

ب - دورة التزييت.

ج - دورة الوقود.

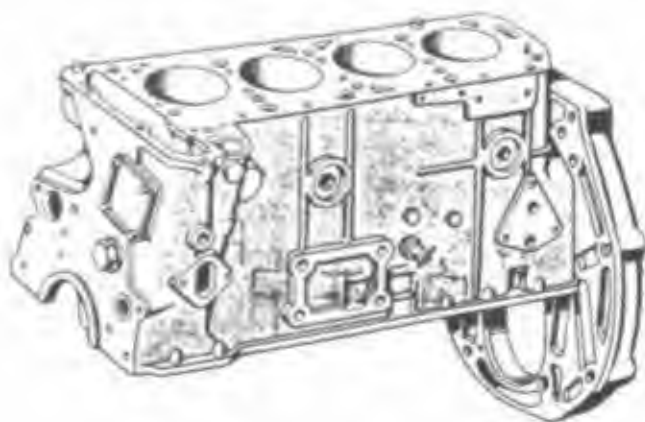
١ / ٢ / ٧ - كتلة المحرك

أولاً: كتلة الاسطوانات:

تحتوى كتلة الاسطوانات على اسطوانات المحرك، والتي تكون إما على شكل خط مستقيم، أو على شكل (حرف V) كما هو مبين بالشكل

الشكل (٦ - ٧)

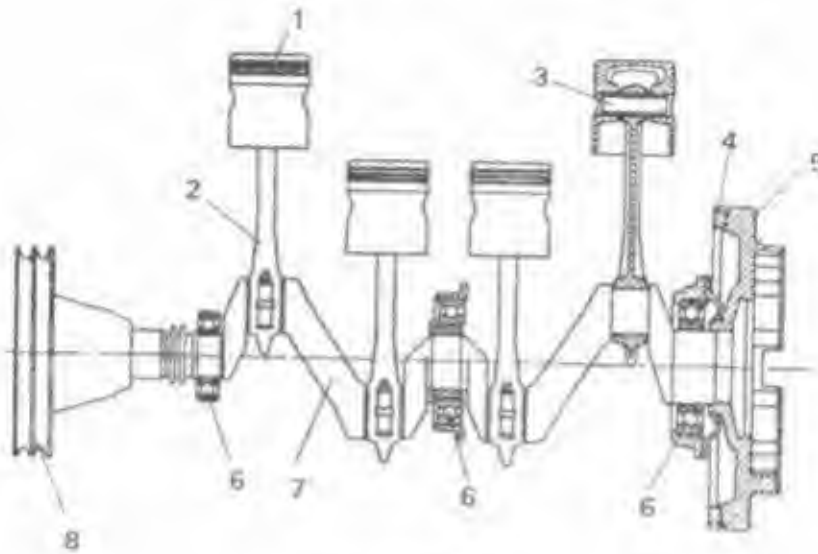
(٦ - ٧)، وتحتوى كتلة الاسطوانات على الاسطوانات، وعلى قمصان تبريد المحرك، وعلى محاور ارتكاز عمود المرفق، وهذا مبين بالشكل (٧ - ٧).



الشكل (٧ - ٧)

ثانياً: عمود المرفق والمكابس والطاردة الخدافة:

الشكل (٧ - ٨) يبين مجموعة عمود المرفق والمكابس والطاردة الخدافة.



الشكل (٧ - ٨)

حيث إن:

٥	الخدافة	١	مكبس
٦	كرسى مجاور عمود المرفق	٢	ذراع توصيل
٧	عمود المرفق	٣	محور تثبيت المكبس
٨	طاردة	٤	نرم الخدافة

ويقوم عمود المرفق بتحويل الحركة الترددية للمكابس داخل الأسطوانات إلى حركة دورانية، أما الخدافة فتقوم بموازنة الصدمات الناتجة عن الانعكاسات المستمرة للحركة الكيميائية، الأمر الذي يؤدي إلى انتظام دوران حركة عمود المرفق، وتثبت على الخدافة طوق مسنن وذلك من أجل إمكانية نقل الحركة من محرك البدء الكهربى

(المارش)؛ إلى الحدافة بواسطة تعشيق ترس الينيون المثبت مع محرك بدء الحركة مع ترس الحدافة.

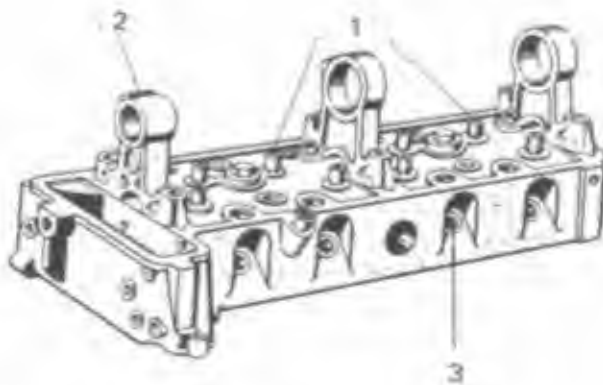
ثالثاً: رأس الأسطوانات :

ويعمل رأس الأسطوانات على غلق الأسطوانات من أعلاها، ويحتوى على غرف الاحتراق، وعلى فتحات الدخول والخروج والمثبت فيها صمامات السحب والعدم (في حالة ماكينات الديزل الرباعية الأشواط)، ويرتكز على رأس الأسطوانات كل من عمود الحدبات، والروافع المتارجحة، ويعمل كل من عمود الكامات والروافع المتارجحة في التحكم في توقيت فتح وغلق صمامات السحب والعدم؛ ويثبت في رأس الأسطوانات الرشاشات.

والشكل (٧ - ٩) يعرض نموذجاً لرأس أسطوانات محرك.

حيث إن :

- | | |
|---|---------------------|
| 1 | أقراص الصمامات |
| 2 | كراسي عمود الحدبات |
| 3 | مكان تثبيت الرشاشات |



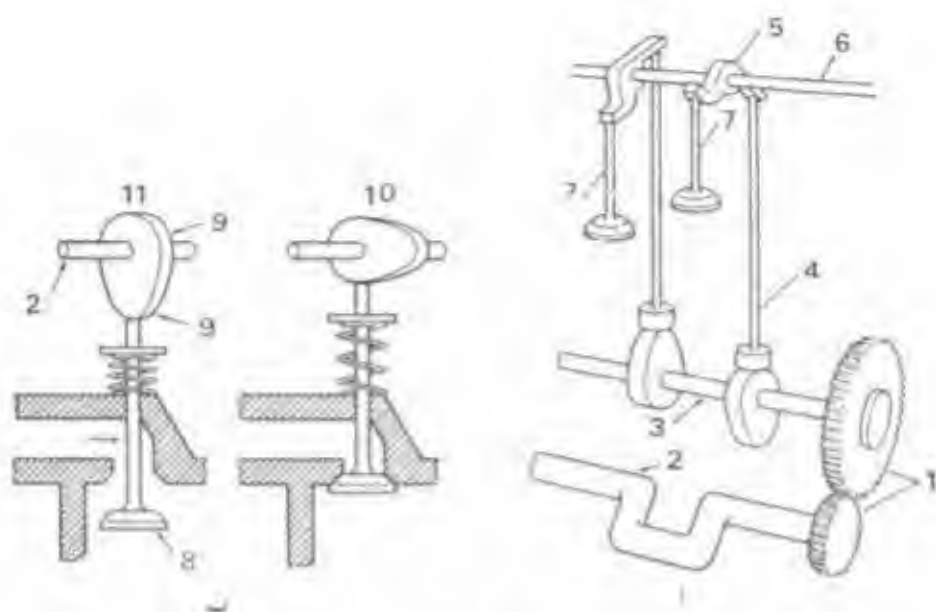
الشكل (٧ - ٩)

والشكل (٧ - ١٠) يوضح كيفية نقل الحركة من عمود الحديبات (الكامات) إلى صمامات العادم والسحب؛ قال الشكل (أ) يوضح كيفية نقل الحركة من عمود المرفق إلى عمود الحديبات بواسطة ترسين، ثم ننقل الحركة من عمود الحديبات إلى الصمامات بواسطة ذراع دفع وذراع متارجم؛ والشكل (ب) يوضح كيفية نقل الحركة المباشر من حديبات عمود الحديبات إلى الصمامات.

علماً بأن الطريقة المبينة بالشكل (أ) تستخدم عندما يكون عمود الحديبات مجاور لعمود المرفق. أما الطريقة المبينة بالشكل (ب) فنستخدم عندما يكون عمود الحديبات مثبتاً أعلى الصمامات.

التعريف بمحتويات الشكل:

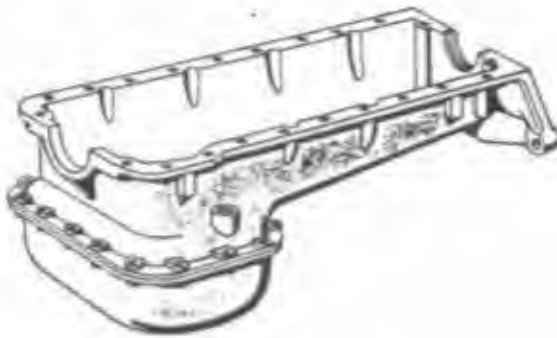
7	ساق الصمام	1	ترسين
8	رأس الصمام	2	عمود مرفق
9	حديبة	3	عمود حديبات
10	مفلق	4	ذراع دفع
11	مفتوح	5	ذراع متارجمة
		6	محور ارتكاز للأذرع المتارجمية



الشكل (٧ - ١٠)

رابعاً: حوض الزيت:

يُثبت حوض الزيت في أسفل كتلة الأسطوانات، ويكون مزوداً بتجويف على الجانبين لتثبيت كراسي محور عمود المرفق، ويملأ حوض الزيت بزيوت تبريد المحرك، والذي يعمل على تقليل احتكاك المكابس مع الأسطوانات، وكذلك يقلل من الاحتكاك عند مواضع كراسي المحاور المختلفة. ويوضع بداخل حوض الزيت مضخة زيت تقوم بضخ الزيت لجميع أماكن الاحتكاك بالمحرك، وذلك من أجل تقليل الاحتكاك. والشكل (٧ - ١١) يعرض نموذج لحوض زيت.



الشكل (٧ - ١١)

٧ / ٢ / ٢ - دورة التبريد

يوجد طريقتان في تبريد ماكينات الديزل وهما : التبريد بالهواء - التبريد بالماء وسوف نتناول التبريد بالماء لما له من انتشار كبير .

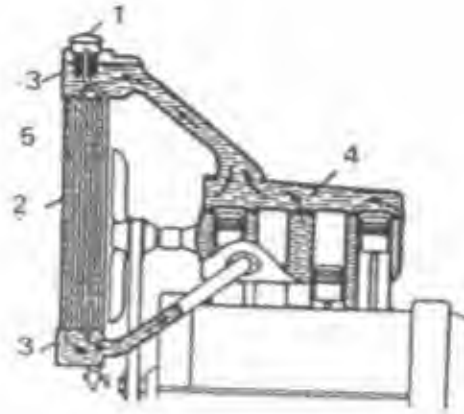
حيث تحاط الأجزاء المراد تبريدها بقمصان تبريد مملوءة بالماء، وتنقل الحرارة من جدران الأسطوانات إلى الماء، ويقوم المشع (الراديتور) بنقل حرارة الماء إلى الهواء الجوي عن طريق الأشعاع . وتعتبر دورة التبريد بالماء دورة مغلقة، وتستخدم مروحة تبريد لتحسين تبريد المحرك . ويمكن تقسيم دورات التبريد إلى :

- دورات تبريد طبيعية . - دورات تبريد جبرية .

الشكل (٧ - ١٢) يعرض دورة تبريد طبيعية .

حيث إن :

- 1 فتحة الملىء
- 2 أنابيب التبريد الرأسية
- 3 المشع (الراديتور)
- 4 قميص التبريد
- 5 مروحة



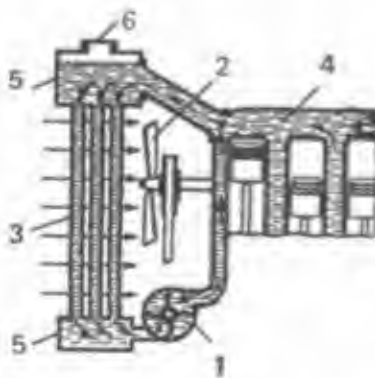
الشكل (٧ - ١٢)

ويبنى نظرية عمل هذه الدورة علي أن الوزن النوعي للماء الساخن أقل منه للماء البارد؛ وبذلك فهو يرتفع أتوماتيكيا إلى أعلى مسببا في استمرارية حركة الماء؛ لذلك ينبغي أن تكون فتحة خروج الماء في أعلى المحرك أي فوق رأس الأسطوانات، بينما تكون فتحة دخول الماء البارد أسفل قميص التبريد، وتكون مساحة مقطع ممرات الماء أكبر ما يمكن حتى لا تعوق حركة دوران مياه التبريد.

ثانياً: التبريد الجبرى:

الشكل (٧ - ١٣) يعرض دورة تبريد جبرية.

حيث إن:



- ١ مضخة مياه التبريد
- ٢ مروحة
- ٣ أنابيب التبريد
- ٤ قميص تبريد
- ٥ المشع (الراديتير)
- ٦ فتحة الملئ

الشكل (٧ - ١٣)

ففى دورة التبريد الجبرية تدفع مياه التبريد عن طريق مضخة طاردة مركزية موجودة فى مسار مياه التبريد، وتأخذ حركتها من عمود المرفق، وتقوم المضخة بزيادة سرعة مياه التبريد.

والجدير بالذكر أن حجم المشع المستخدم مع دورات التبريد الجبرية يكون أصغر من حجم المشع المستخدم مع دورات التبريد الطبيعية، كما أن دورات التبريد الجبرية هى الأكثر انتشاراً.

٧/٢/٣ - دورة التزيت

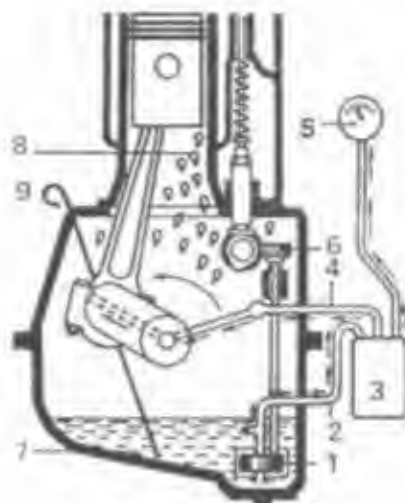
يوجد لدورة التزيت عدة وظائف نذكر منها ما يلى:

- ١ - تقليل الاحتكاك على أسطح الانزلاق المكابس داخل الأسطوانات.
- ٢ - تبريد أماكن كراسى محور عمود المرفق، وكراسى محور عمود الكامات (الحديث)، وكرسى محور ذراع التوصيل مع المكبس ومع عمود المرفق.
- ٣ - تنظيف كراسى المحور من الرواسب المختلفة.
- ٣ - منع تسرب غازات الاحتراق من بين حلقات المكابس واسطح الانزلاق للأسطوانات.
- ٤ - حماية الأجزاء الداخلية للمحرك من الصدأ، ويجب وصول الزيت باستمرار إلى كل أماكن التزيت بالمحرك أثناء التشغيل؛ وسوف نتناول دورة التزيت الجبرية المبينة بالشكل (٧ - ١٤).

حيث إن:

- | | |
|---|--|
| ١ | مضخة الزيت |
| ٢ | ماسورة التوصيل بمرشح الزيت |
| ٣ | مرشح الزيت |
| ٤ | ماسورة التوصيل بمواقع التزيت المختلفة |
| ٥ | عداد قياس ضغط الزيت |
| ٦ | كرسى إدارة مضخة الزيت وتأخذ حركته من عمود الحداثات |

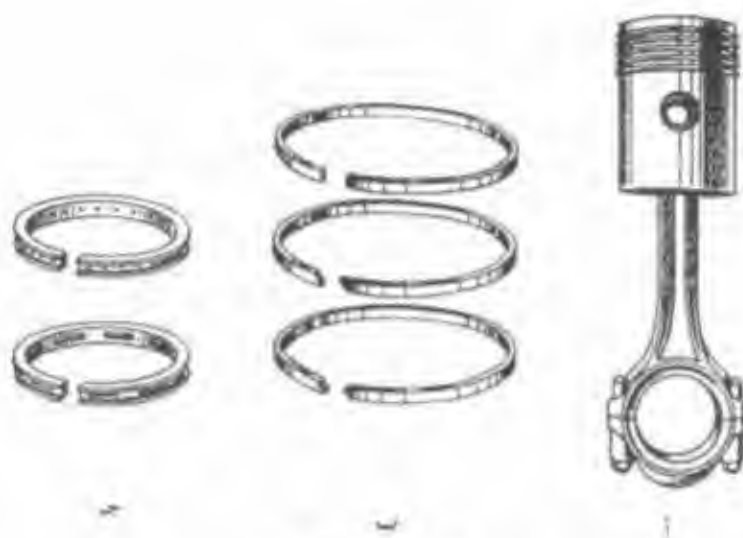
- 7 زيت التزييت
- 8 زيت المطرشة
- 9 عصا قياس مستوى الزيت



الشكل (٧ - ١٤)

حيث يندفع الزيت المضغوط ممسحة الزيت والتي تتكون من ترمين متداخلين معاً، أحدهما مثبت في عمود الإدارة؟ ويأخذ حركته من عمود الحدايات عن طريق ترمين معدلين لذلك، والآخر متقاد ويدور الترس المتقاد عكس الترس القائد. وعادة يوضع خط السحب للممسخة في أسفل موضع بحوض الزيت، وتوجد في مدخل مأمورة سحب الزيت مصفاة لحجز الشوائب، ومنعها من الدخول للممسخة؟ واتساع هذه المصفاة يقلل من ضغط الزيت، ويخرج الزيت المضغوط من الممسخة، ليمر عبر مرشح زيت، ليصل إلى كراسي محور عمود المرفق، ومنها إلى جميع كراسي المحور المتشعبة، ويكون ضغط الزيت الطبيعي حوالي 2-3 ضغط جوى. وينتقل جزء من الزيت إلى الأسطوانات والمكابس نتيجة للمطرشة الناتجة عن حركة عمود المرفق داخل حوض الزيت، ويعود الزيت الزائد من الأسطوانات بواسطة حلقة (شسبر) كسح

الزيت المثبتة على المكبس، والتي تمنع من وصول الزيت إلى غرفة الاحتراق. والشكل (٧ - ١٥) يعرض ذراع توصيل ومعه المكبس، ويظهر على المكبس حلقات (شبابير) الضغط، وحلقات (شبابير) كسح الزيت (الشكل ١)، وحلقات ضغط (الشكل ب)، وحلقات كسح زيت (الشكل ج)، علماً بأن حلقات الضغط تمنع تسرب الضغط من غرفة الحريق إلى داخل المحرك.



الشكل (٧ - ١٥)

٧/٢/٤ - دورة حقن الوقود

أكثر أنظمة الوقود شيوعاً ما يلي:

١- مضخة الحقن: وتصمم هذه المضخة لتحقيق ما يلي:

١ - توليد ضغط حقن عال.

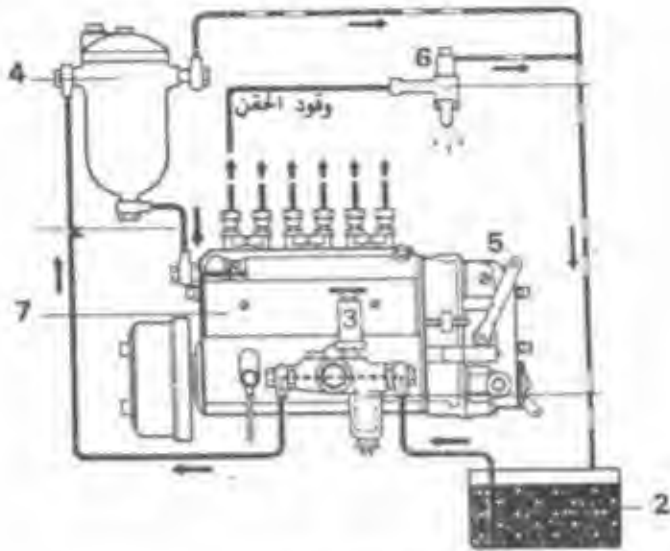
٢ - السماح بتغيير كمية الوقود المحقون تبعاً للحمل.

٣ - ضخ كمية وقود واحدة في كل الاسطوانات.

٤ - إمكانية إيقاف الحقن في أى وقت.

٥ - إمكانية تغيير توقيت الحقن .

والشكل (٧ - ١٦) يعرض مضخة حقن متتالٍ لحرك ديزل بست أسطوانات .



الشكل (٧ - ١٦)

وهي تحتوي على عنصر ضخ مستقل لكل أسطوانة، ويتكون عنصر الضخ من أسطوانة صغيرة، ومكبس بخلوص يتراوح ما بين (0.002:0.003 mm)، وتزود مضخة الحقن بمضخة إمداد وقود (1) لسحب الوقود من الخزان (2)، ومضخة تحضير يدوية (3)؛ تستخدم في تحضير الوقود يدوياً عند وجود هواء بدورة الوقود، ومرشح ابتدائي (4) وتزود مضخة الحقن (7) بذراع تحكم في كمية الوقود المحقون (5)؛ وتقوم مضخة الوقود بحقن الوقود في الوقت المناسب إلى الرشاشات (6)؛ وذلك بطريقة تتابعية قرب نهاية شوط الانضغاط، حيث يخصص رشاش لكل أسطوانة.

ب - وحدات الحقن الواحدة **one unit injectors** حيث تستخدم وحدة حقن أو أكثر لكل أسطوانة، وتقوم وحدة الحقن بتنظيم توقيت وضغط حقن الوقود، وتقوم مضخة وقود عادية بالضخ المستمر للوقود إلى وحدات الحقن خلال مواسير ضغط منخفض، ويتميز نظام وحدات الحقن بسهولة إجراء الصيانة له،

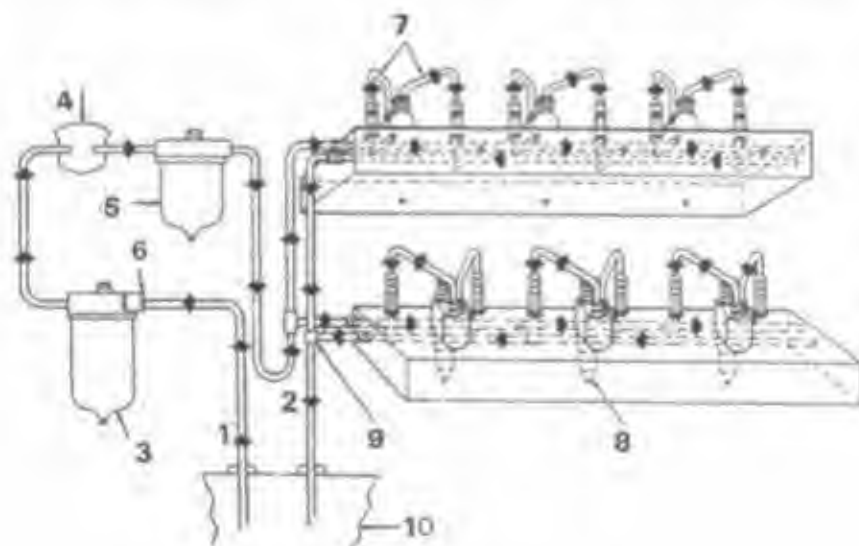
ويقوم هذا النظام بطرد الهواء تلقائياً بدون الحاجة لعملية التحضير.

والشكل (٧ - ١٧) يعرض نظام وحدات الحقن للشركة الأمريكية Detroit Diesel Allison.

حيث إن:

1	خط الوقود الداخل	1	صمام لارجعي	6
2	خط الوقود الراجع	2	خطوط وقود	7
3	مرشح	3	وحدة حقن	8
4	مضخة	4	وصلة T خاصة	9
5	مرشح	5	خزان الوقود	10

والجدير بالذكر أن وحدة الحقن الواحدة تتكون داخلياً من مضخة حقن ورشاش.



الشكل (٧ - ١٧)

٧/ ٣ - خزان الوقود اليومي والرئيسي

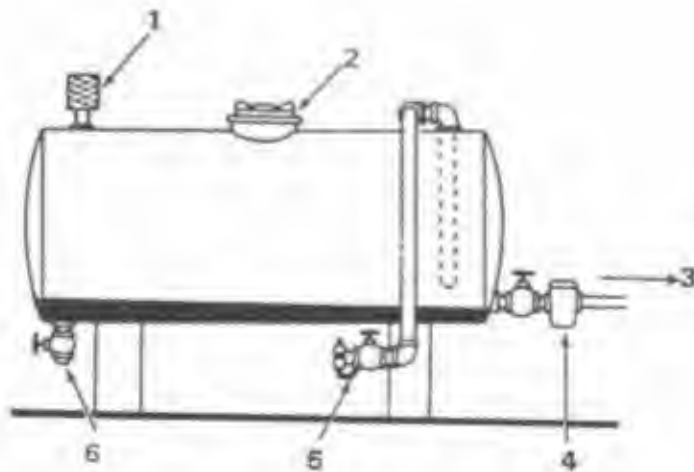
إنه لمن الضروري المحافظة على وقود الديزل خالٍ من الماء، وخالٍ أيضاً من الأجسام الغريبة الضارة التي تضر مضخة الحقن والرشاشات. وعادةً ينصح بتخزين وقود الديزل للمولد في خزان يومي، ولا ينصح بتخزين كمية كبيرة من الوقود؛ لأن ذلك يؤدي لتكوين رغاوى وتكاثف لبخار الماء داخل الخزان؛ بالإضافة لذلك فإنه يحدث انهيار للوقود نتيجة للتقادم؛ لذلك فإن تخزين كمية كبيرة من الوقود يحتاج لبعض الإضافات.

والجدير بالذكر أن تخزين الوقود في خزانات موضوعة فوق الأرض يساعد على انهياره بسرعة أكثر من الوقود المخزن في خزانات تحت الأرض.

والشكل (٧ - ١٨) يعرض خزان وقود بوضع فوق الأرض.

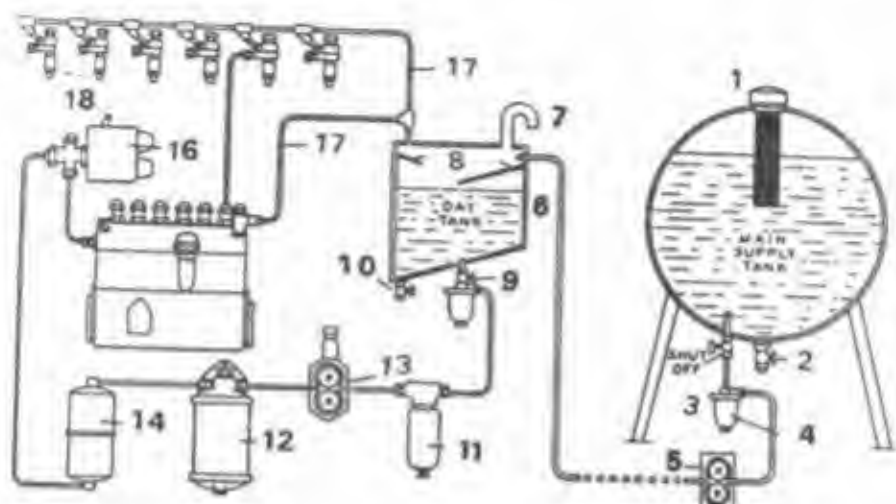
حيث إن:

- | | | | |
|---|---------------------|---|-------------------------|
| ١ | مرشح وقود ابتدائي | ٤ | فتحة تهوية ومرشح للهواء |
| ٢ | محبس خط الملىء | ٥ | غطاء الفتحة الرئيسية |
| ٣ | محبس تصريف المتكاثف | ٦ | إلى المولد |



الشكل (٧ - ١٨)

والشكل (٧ - ١٩) يعرض طريقة توصيل خزان رئيسي مع خزان يومي للماكينة
ديزل لأحد المولدات.



الشكل (٧ - ١٩)

حيث إن:

1	خزان رئيسي	فتحة تصريف محتويات الخزان
2	محبس لتصريف المتكاثف	اليومي
3	محبس يدوي لغلاق مخرج الخزان	مرشح ابتدائي
4	الرئيسي	مرشح ثانوي
5	مضخة	مضخة التغذية الابتدائية للماكينة
6	خزان يومي	مرشح نهائي
7	فتحة تنفيس	مضخة حقن
8	مصدات	صمام كهربائي يفتح عند عمل
9	محبس يدوي لغلاق مخرج الخزان	الماكينة
10	اليومي	خطوط الرجوع
11		رشاشات

وفيما يلي أهم التوصيات الخاصة بخزانات الوقود:

١ - يجب أن تكون جميع مواسير الوقود مواسير حديد سوداء؛ ويجب أن تكون أقطارها تتبع توصيات الشركة المصنعة للماكينة، والتي تعتمد على قدرة الماكينة؛ ويجب أن يكون قطر خط الفائض والراجع من الماكينة أكبر من أو يساوي خط التغذية للماكينة.

٢ - يجب أن يكون ارتفاع خط التنفيس للخزان اليومي أعلى من جميع الخطوط الأخرى بحوالي 1.5 m.

٣ - يجب التخلص من الماء المتكاثف في الخزان اليومي مرة كل سنة على الأقل.

٤ - ينصح باستخدام مضخة يدوية تستخدم عند وجود مشكلة في المضخة الكهربائية.

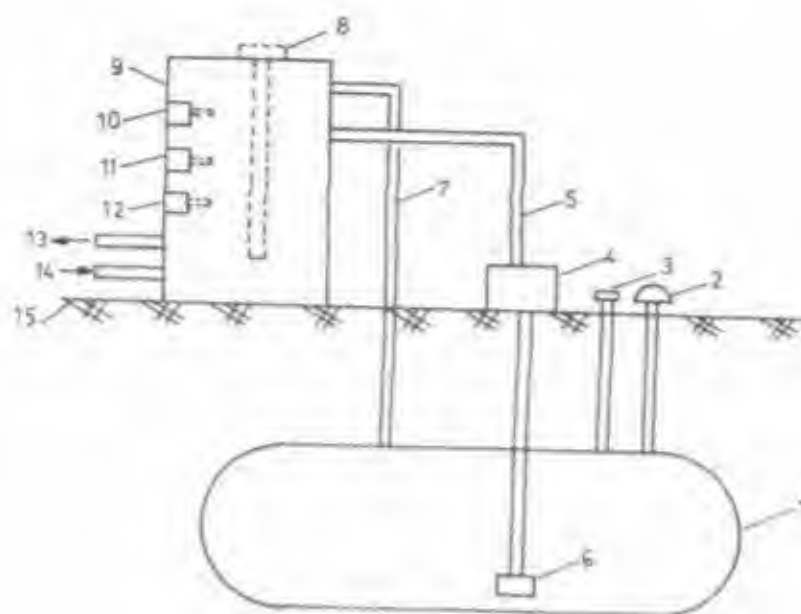
٥ - العمق الأقصى للخزان الرئيسي تحت الأرض 5.5m.

٦ - البعد الأقصى بين الخزان اليومي والخزان الرئيسي والذي لا يحتاج إلى مضخة منفصلة هو 60m.

٧ - ارتفاع مضخة التغذية والإمداد للماكينة؛ يجب أن تكون أعلى من مستوى الوقود في الخزان اليومي بما لا يقل عن 13cm.

٧ / ٣ / ١ - دائرة التحكم الخاصة بمليء الخزان اليومي

عادة يخصص لكل مولد خزان وقود يومي Daily tank يوضع بجوار المولد، والشكل (٧ - ٢٠) يعرض مجموعة الخزانات اليومية والرئيسية لأحد مولدات الديزل.



الشكل (٧ - ٢٠)

حيث إن :

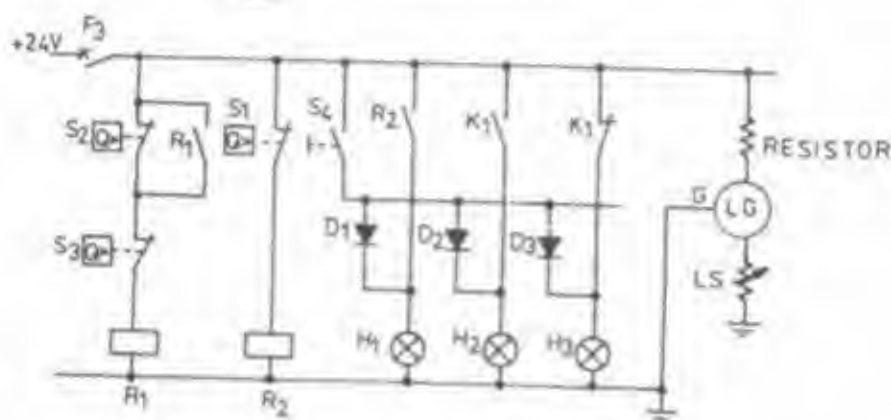
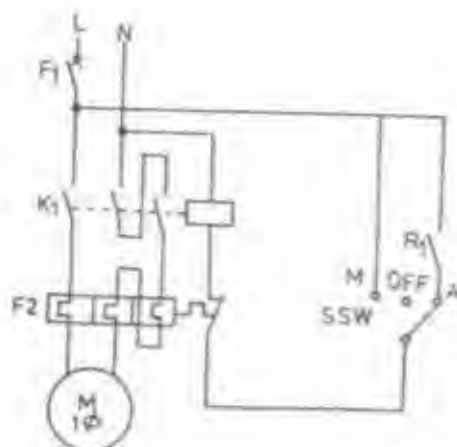
- 1 الخزان الرئيسى
- 2 خط التهوية للخزان الرئيسى
- 3 خط ملئء الخزان الرئيسى
- 4 مضخة السحب من الخزان الرئيسى
- 5 خط السحب من الخزان الرئيسى لملئء الخزان اليومى
- 6 مرشح فى بداية خط السحب
- 7 خط رجوع الزائد من الخزان الرئيسى إلى الخزان اليومى
- 8 مجلس مستوى الوقود
- 9 الخزان اليومى
- 10 مفتاح عوامة مستوى إيقاف مضخة السحب off

- | | |
|----|---|
| 11 | مفتاح عوامة مستوى بدء تشغيل مضخة السحب ON |
| 12 | مفتاح عوامة المستوى السفلى LOW |
| 13 | خط تغذية ماكينة الديزل للمولد |
| 14 | خط الراجع من ماكينة الديزل |

والشكل (٧ - ٢١) يعرض الدائرة الرئيسية، ودائرة التحكم في مضخة ملء
الخزان اليومي

حيث إن :

- | | |
|------------|-------------------------------------|
| F1, F3 | قاطع دائرة قطب واحد |
| K1 | كونتاكتور |
| F2 | متعم حرارى |
| SSW | مفتاح الوظيفة (A - OFF - M) |
| R1 | ريلاي بدء مضخة الملء |
| R2 | ريلاي المستوى المنخفض للخزان اليومي |
| D1-D3 | موحدات |
| LG | عداد مستوى الوقود في الخزان |
| LS | محس المستوى |
| S1, S2, S3 | مقاييس عوامة |
| H1 | لمبة بيان حمراء المستوى السفلى |
| H3 | لمبة بيان حمراء لتوقف المضخة |
| H2 | لمبة بيان خضراء لعمل المضخة |
| S4 | ضاغط اختيار اللهب |



الشكل (٧ - ٢١)

نظرية التشغيل:

يوضع مفتاح اختيار طريقة التشغيل SSW على وضع التشغيل الاتوماتيكي A، ويتم غلق القواطع F1، F2، ففي بداية التشغيل يكون خزان الوقود البيومي فارغاً، وبالتالي تكون ريش مغناطيس مستوى الوقود S1، S2، S3 مغلقة، فيكتمل مسار تيار الريلاي R1 والريلاي R2 فتغلق الريشة R2 المتصلة باللمبة البيان H1 فنضيء، وكذلك تغلق الريشة R1 المتصلة بالسوالى مع الكونتاكتور K1 فيكتمل مسار التيار للكونتاكتور، وتغلق الاقطاب الرئيسية للكونتاكتور، وكذلك تنعكس باقى ريش الكونتاكتور فنضيء الللمبة H2 للدلالة على عمل المحرك وتنطفئ لمبة إيقاف المحرك H3 وتعمل المضخة. وعند وصول الوقود لمستوى مفتاح العوامة S2 تفتح ريشة

العوامة S2؛ ولكن يظل مسار تيار R2 مكتملاً نتيجة لغلغ ريشة الإبقاء الذاتي R2 الموصلة بالتوازي مع S2، وبمجرد وصول الوقود إلى مستوى S3 تفتح الريشة S3؛ فينقطع مسار التيار للريلاي R1 وتعود ريشة R1 الموصلة مع ملف الكونتاكتور K1 مفتوحة مرة أخرى، ويفصل الكونتاكتور K1، وتعود ريش الكونتاكتور لوضعها الطبيعي؛ وتتوقف المضخة وتنطفئ H2، في حين تضغط H3 للدلالة على توقف المضخة. ويمكن اختبار لمبات البيان H3، H2، H1؛ وذلك بالتصغيط على ضاغط الاختيار S4. ويقوم جهاز مستوى الوقود LG بتحديد مستوى الوقود في الحيران اليومي؛ وذلك نتيجة لتغير مقاومة محس المستوى LS تبعاً لتغير مستوى الوقود.

٧ / ٤ - الأجهزة الكهربائية المرفقة مع ماكينة الديزل

يوجد عدة عناصر كهربية مرفقة مع ماكينة الديزل مثل:

١ - البطارية وعادة تكون بطارية حمضية Lead acid battery.

٢ - مولد شحن البطارية.

٣ - محرك بدء حركة ماكينة الديزل Crank motor.

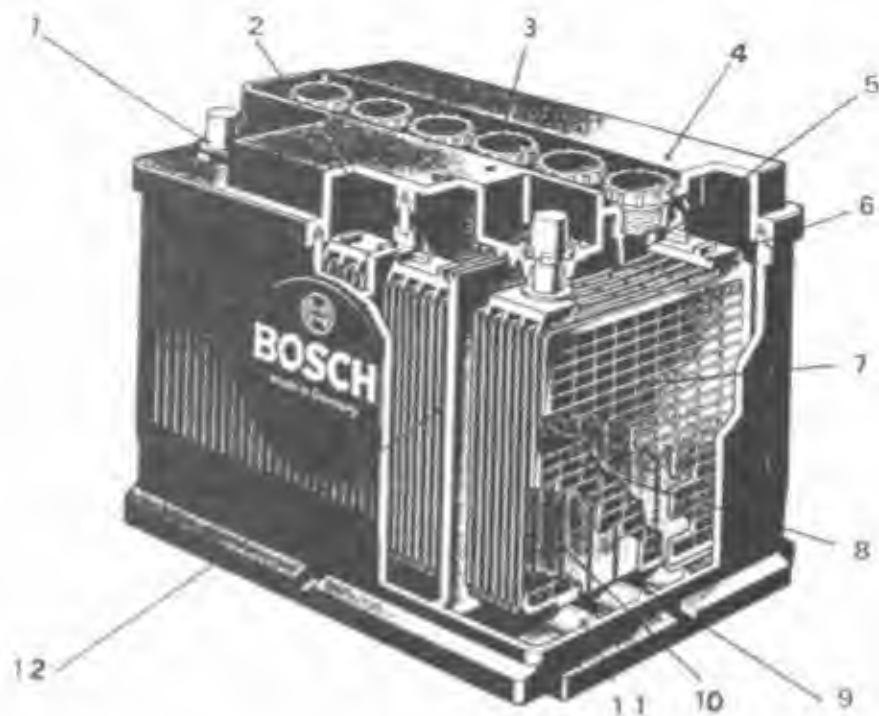
٧ / ٤ / ١ - البطاريات الحمضية

يوجد نوعان من البطاريات الحمضية المستخدمة مع المولدات وهما:

- البطاريات المفتوحة.

- البطاريات المغلقة والتي لا تحتاج لصيانة وتقاس سعة البطاريات بصفة عامة بوحدة الأمبير ساعة AH.

والشكل (٧ - ٢٢) يعرض أجزاء بطارية حمضية مفتوحة (تقليدية) من إنتاج شركة Bosch الألمانية.



الشكل (٧ - ٢٢)

حيث إن:

١	قطب البطارية السالب	٧	لوح سالب بمادى اللون
٢	وصلة مباشرة بين خليتين	٨	لوح موجب منى انعمش
٣	فتحة تهوية	٩	غرفة أحد الخلايا
٤	غلاف بلاستيكي	١٠	حواجز بلاستيكية بين الألواح
٥	مبين مستوى الحمض	١١	ركائز لرفع الألواح
٦	شريط من الرصاص	١٢	حاجز بين خلية وأخرى

ويلاحظ أن البطارية تتكون من غلاف خارجي مصنوع من مواد مقاومة للأحماض مثل: المطاط الصلب أو البلاستيك، وهو مقسم من الداخل لست خلايا ويوضع بداخل كل خلية مجموعة من الألواح الموجبة والسالبة المعزولة عن بعضها بفواصل عازلة وتصلع الألواح من شبكة من أنثومينا الرصاص عليها عجينة من الرصاص (القطب السالب) وعجينة من أكسيد الرصاص (القطب الموجب). ويغطي غلاف البطارية بغطاء يحتوي على فتحات لإضافة المحلول والماء للخللايا المختلفة.

٧ / ٤ / ٢ - مولدات شحن البطاريات

يوجد نوعان من مولدات شحن البطاريات وهما:

١ - مولدات تيار متردد (مولدات تزامنية).

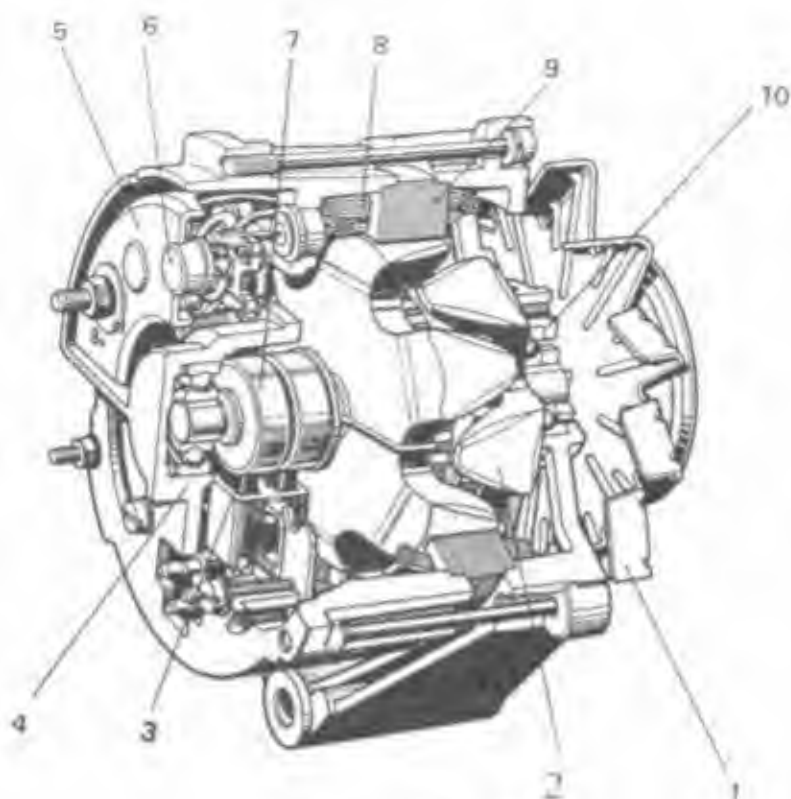
٢ - مولدات تيار مستمر.

أولاً: مولدات التيار المتردد:

لا تختلف نظرية عمل مولدات التيار المتردد المستخدمة في شحن البطاريات عن نظرية عمل المولدات التزامنية التي تناولناها في الباب الأول. والشكل (٧ - ٢٣) يعرض قطاعاً في مولد تيار متردد من إنتاج شركة Robert bosch corp.

حيث إن:

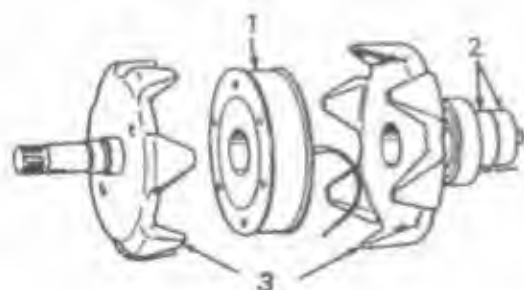
6	موحد	1	مروحة
7	حلفقات الزلاق	2	أصابع الاقطاب
8	ملفات العضو الثابت	3	فرش كربونية
9	القلب المغناطيسي للعضو الثابت	4	كرسي محور
10	كرسي محور	5	مبدد حرارة



الشكل (٢٣ - ٧)

أما الشكل (٢٤ - ٧) فيعرض أجزاء العضو الدوار لمولد التيار المتردد المستخدم في شحن البطاريات .

حيث إن :



- ١ ملفات العضو الدوار
- ٢ حلقات الزلاق
- ٣ أقطاب مغناطيسية

الشكل (٢٤ - ٧)

ويتم تغذية العضو الدوار بتيار مستمر، في حين يتم الحصول على تيار متردد ثلاثي الموجة من ملفات العضو الثابت، ويتم توحيد خرج المولد بواسطة ستة موحّدات. وللحصول على شحن مناسب للبطارية تستخدم دائرة الكشرونية تعرف بالمنظم Regulator.

والشكل (٧ - ٢٥) يعرض دائرة مولد تيار متردد بالمنظم، يستخدم في شحن البطاريات.

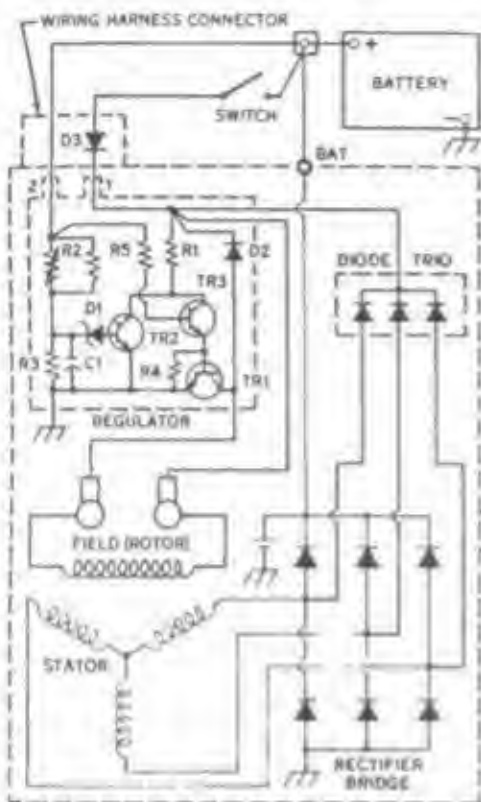
ويلاحظ أن المولد يخرج منه ثلاثة أطراف وهم 1، 2، Bat، حيث يوصل كل من (Bat، 2) مع القطب الموجب للبطارية، أما الطرف 1 فيوصل مع موحّد بمفصّل بدء ماكينة الديزل ويمنع

الموحّد D₃ مرور التيار الكهربى من الطرف 1 إلى البطارية في حين يسمح تغذية ملف المجال بالتيار الكهربى في بداية التشغيل لتوفير المجال المطلوب.

ثانياً: مولدات التيار المستمر:

يتركّب مولد التيار المستمر من عضو ثابت Stator يحمل الأقطاب المغناطيسية Main Poles وعضو دوار Armature يحمل ملفات التيار المستمر.

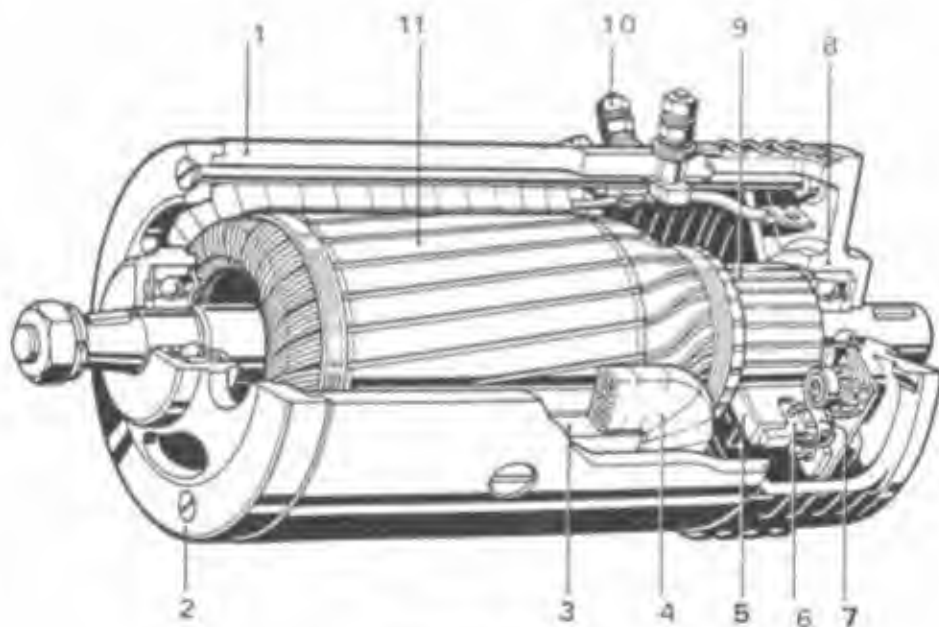
والشكل (٧ - ٢٦) يعرض مخططاً توضيحياً لمولد تيار مستمر يستخدم في شحن البطاريات من إنتاج شركة Robert Bosch Corp.



الشكل (٧ - ٢٥)

حيث إن:

7	بأى القرشة	1	العضو الثابت
8	غطاء نهاية	2	غطاء نهاية
9	عضو التوحيد	3	حذاء القطب
10	أطراف توصيل	4	ملفات المجال
11	العضو الدوار (عضو الاستنتاج)	5	حامل القرشة
		6	القرشة

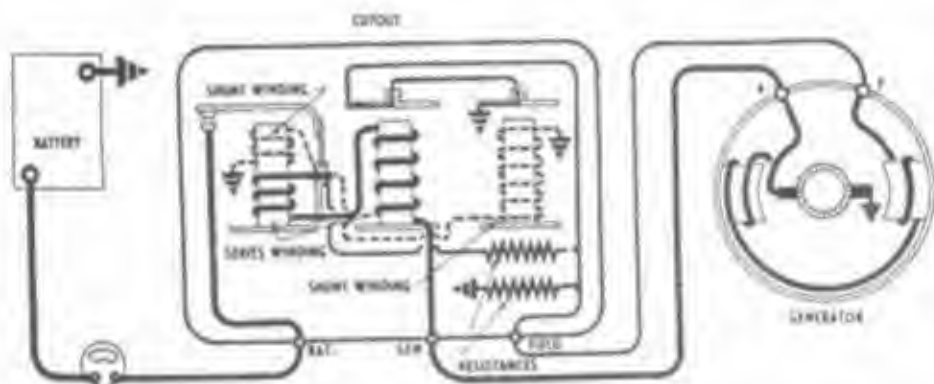


الشكل (٧ - ٢٦)

والجدير بالذكر أن عضو الاستنتاج يتكون من قلب مغناطيسي اسطواني مصنوع من رقائق من الصلب السليكوني المعزولة عن بعضها، وتحتوى على مجارى طولية تحتوى على الملفات الكهربائية، ويسيت فى القلب المغناطيسى عضو توحيد

Commutator مقسم للامات طولية معرولة عن بعضها، وتوصل أطراف الملفات مع هذه الالامات بطريقة معينة أثناء التفتيح، ويثبت على عضو التوحيد للعضو الدوار فبرش كربونية تتلوق على عضو التوحيد، ويتم دفع الفرش الكربونية تجاه عضو التوحيد بواسطة يايات موضوعة داخل حامل الفرش، وعند إدارة العضو الدوار يخرج تيار مستمر من الفرش الكربونية. وعادة يتم تنظيم الجهد الخارج من مولد التيار المستمر بواسطة Cut out.

والشكل (٧ - ٢٧) يوضح طريقة توصيل المولد Generator، والبطارية Battery، وجهاز اميتر Ammeter، والمنظم Cut out.



الشكل (٧ - ٢٧)

ويلاحظ أن المنظم له ثلاثة أطراف وهم (Bat, Gen, Field)، ويوصل طرف Bat مع البطارية عبر الأميتر، ويوصل طرف Gen مع الطرف A للمولد، ويوصل الطرف Field مع الطرف F للمولد.

والحذير بالدكر أن مولدات التيار المتردد يفضل استخدامها عن مولدات التيار المستمر في شحن البطاريات للمميزات التالية:

- ١ - أخف وأصغر.
- ٢ - تحتوي على عناصر متحركة أقل.

٣ - تحتاج لصيانة أقل.

٤ - تقلل من سعة البطارية المرفقة بالأمبير ساعة نتيجة لإمكانية الشحن السريع لها .

٥ - عمر طويل لقرشها الكربونية حيث يمر تيار أقل فيها.

٦ - أسهل في الإصلاح .

٣ / ٤ / ٧ - محركات بدء الحركة

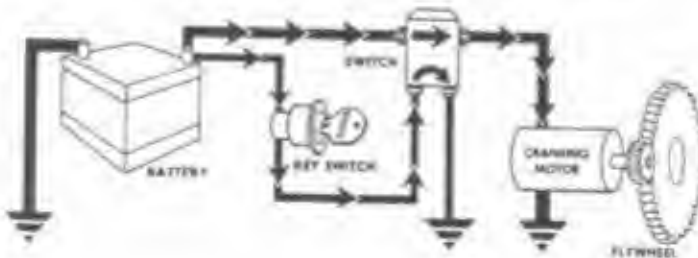
معظم محركات بدء الحركة المستخدمة مع محركات الديزل تعمل عند جهد 12V أو 24V تيار مستمر . ويعمل محرك البدء على إدارة الطاقة الحداقة لماكينة الديزل وبمجرد حدوث شروط قدرة واحد في ماكينة الديزل ؛ يفصل التيار الكهربى عن محرك البدء .

والجدير بالذكر أن الحركة تنتقل من محرك البدء إلى ترس الطاقة الحداقة بواسطة ترس البتيون Pinion المثبت على عمود محرك البدء .

والشكل (٧ - ٢٨) يبين دائرة مبسطة لتشغيل محرك بدء حركة ماكينة الديزل .

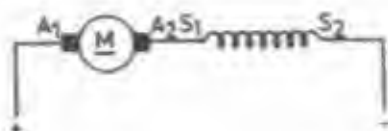
حيث إن :

Flywheel	طارة حداقة
Cranking motor	محرك بدء الحركة
Switch	مفتاح كهرومغناطيسى
Key switch	مفتاح البدء
Battery	بطارية



الشكل (٧ - ٢٨)

وعادة يكون محرك بدء الحركة يكون محرك تيار مستمر نوع التوالى ودائرته كما بالشكل (٧ - ٢٩).



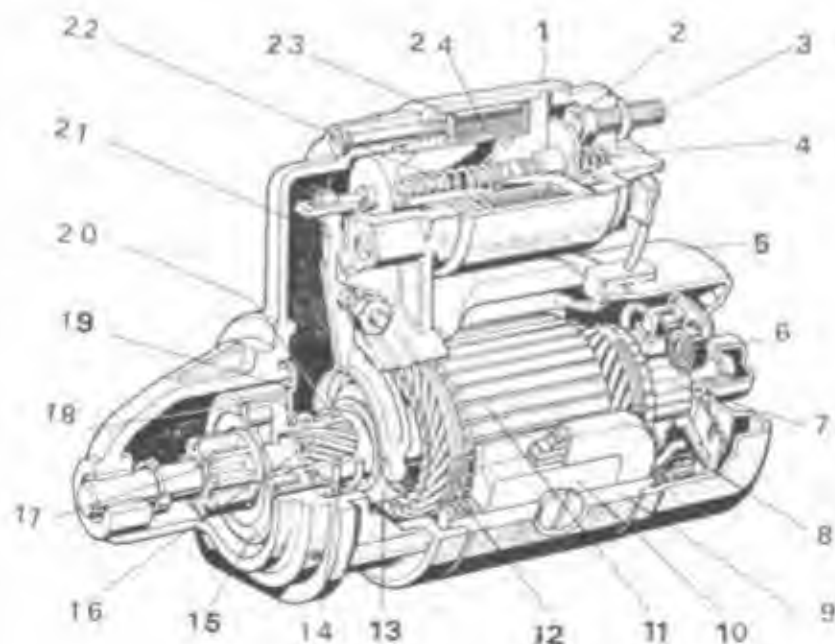
الشكل (٧ - ٢٩)

ونظراً لأن تيار بدء محركات البدء قد يصل إلى 100A أو أكثر لذلك فعادة يرافق محرك البدء مفتاح كهرومغناطيسى لوصل وقفل التيار الكهربى عن محرك البدء. والشكل (٧ - ٣٠) يعرض نموذجاً لمحرك بدء من صناعة شركة (Robert Bosch Corp).

حيث إن:

- | | |
|----|------------------------------|
| 1 | مفتاح كهرومغناطيسى |
| 2 | ريشة تلامس |
| 3 | طرف توصيل |
| 4 | ريشة متحركة |
| 5 | غطاء نهاية لعضو التوحيد |
| 6 | باى الفرشة الكربونية |
| 7 | عضو توحيد |
| 8 | فرشة كربونية |
| 9 | جسم العضو الثابت |
| 10 | حذاء القطب |
| 11 | العضو الدوار (عضو الاستنتاج) |
| 12 | ملفات المجال |
| 13 | حلقة دليلية (إرشادية) |

- | | |
|----|--|
| 14 | وسيلة إيقاف |
| 15 | كلاش |
| 16 | عمود عطر الاستنتاج مزود بمجاري حلزونية |
| 17 | ترس السبون |
| 18 | القائد |
| 19 | قرص الفرملة |
| 20 | ياى التعشيق |
| 21 | ذراع دفع ترس السبون |
| 22 | ياى إرجاع |
| 23 | ملف إمساك |
| 24 | ملف تحرير |



الشكل (٧ - ٣٠)

٥ / ٧ - البدء في الأجواء الباردة

إن بدء محركات الديزل في الأجواء الباردة لمن المشاكل الكبيرة خصوصاً وإن كفاءة البطارية تقل بحدة مع انخفاض درجة الحرارة، كما أن لزوجة الزيت تزداد جداً مع انخفاض درجة الحرارة، الأمر الذي يؤدي إلى استحالة دوران ماكينة الديزل في الأجواء الباردة في زمن البدء العادي والذي يتراوح ما بين (3.7:7.5) ثانية.

لذلك فإن هناك بعض الطرق المستخدمة للمساعدة في بدء ماكينة الديزل في الأجواء الباردة مثل:

١ - استخدام أنواع خاصة من الوقود الكحولي الأيثيلي.

٢ - تسخين ماء التبريد.

٣ - تسخين زيت التزييت.

٤ - تسخين هواء الدخول.

٥ - تسخين إضافي لغرفة الحريق بشمعة التسخين.

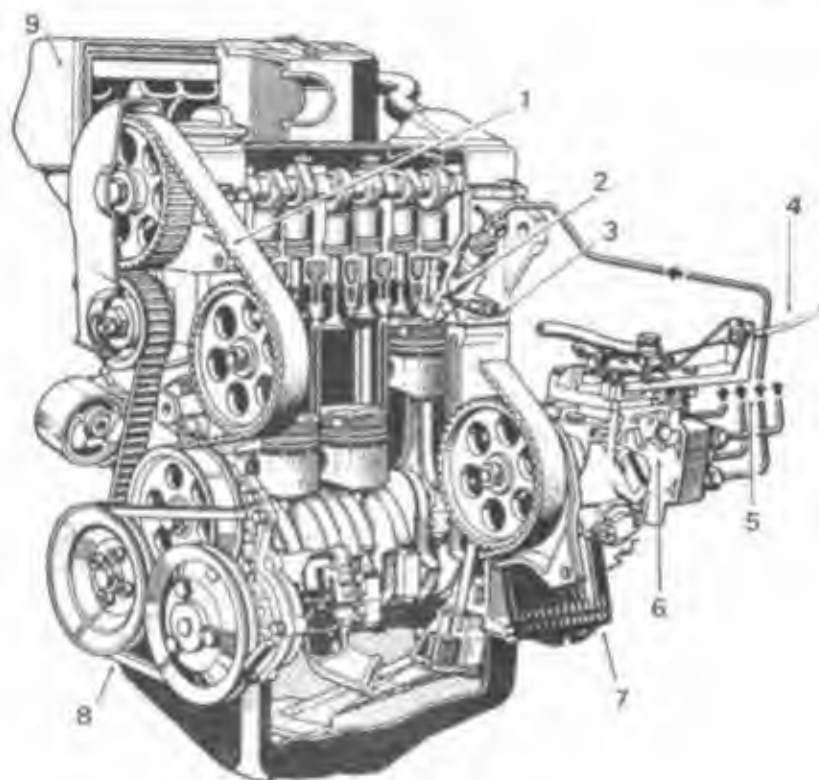
٦ - تسخين بطارية البدء.

وتعتبر أهم الطرق المستخدمة لتحسين بدء ماكينة الديزل هي الطريقة الثانية والثالثة والخامسة.

والشكل (٧ - ٣١) يعرض ماكينة ديزل بأربعة أسطوانات تستخدم شمعات تسخين للبدء من إنتاج شركة Volkswagen of America, Inc.

- 1 سير نقل الحركة من عمود المرفق إلى عمود الكمامات (الحدبات)
- 2 رشاش
- 3 شمعة تسخين
- 4 حبل يتحكم في ذراع التحكم في تدفق مضخة الحقن
- 5 خطوط الوقود المتصلة بالرشاشات

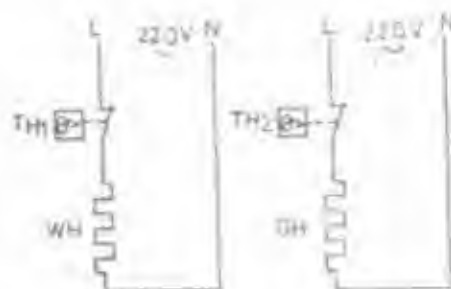
- 6 مضخة وقود مدارية بسير
7 مرشح زيت
8 سير على شكل (V) لنقل الحركة من عمود المرفق للمضخة والمولد
9 مرشح هواء



الشكل (٧ - ٣١)

والشكل (٧ - ٣٢) يعرض الدائرة الكهربائية لسخان زيت OH قدرته 125W يعمل عند جهد 220V (الشكل ١)، والدائرة الكهربائية لسخان ماء التبريد WH قدرته 750W ويعمل عند جهد 220V، ويتم تغذيتها من الكهرباء العمومية أثناء وجود المصدر الكهربائي الرئيسي.

والجدير بالذكر أن قدرة سخان الماء لمولد سعته 750KVA، تصل إلى 2250W،
 في حين تصل قدرة سخان الزيت إلى 600W لنفس المولد.



الشكل (٧ - ٣٢)

الباب الثامن

الخططات الكهربائية لوحدة التوليد

المخططات الكهربائية لوحدة توليد

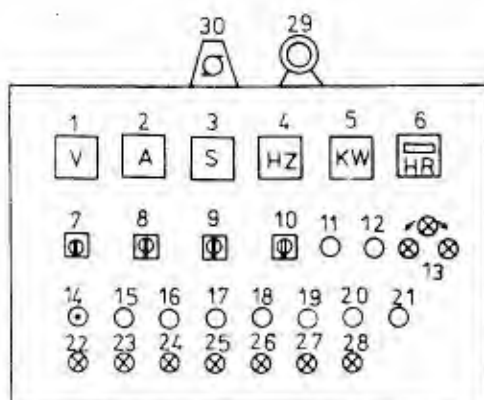
٨ / ١ - المخططات الكهربائية لوحدة توليد سعتها 250 KVA

الشكل (٨ - ١) يعرض لوحة التحكم لهذه الوحدة .

حيث إن :

- 1 جهاز فولتميتر
- 2 جهاز أميتر
- 3 جهاز توافق
- 4 جهاز قياس تردد
- 5 جهاز قياس قدرة فعالة
- 6 قياس الساعات
- 7 مفتاح اختيار الجهد
- 8 مفتاح اختيار التيار
- 9 مفتاح تشغيل جهاز التوافق
- 10 مفتاح زيادة وتقليل السرعة
- 11 ضاغط غلق الكونتاكتر الرئيسى
- 12 ضاغط فتح الكونتاكتر الرئيسى
- 13 لمبات التزامن
- 14 نقطة معايرة جهد أطراف المولد
- 15 ضاغط المعرفة
- 16 ضاغط تحرير الإنذار

- 17 ضاغط تشغيل الماكينة
- 18 ضاغط إيقاف الماكينة
- 19 ضاغط اختبار اللمبات
- 20 لمبة انخفاض ضغط الزيت
- 21 لمبة انخفاض درجة حرارة الزيت
- 22 لمبة ارتفاع درجة حرارة الماء
- 23 لمبة زيادة السرعة
- 24 لمبة بيان تعدى زمن البدء
- 25 لمبة زيادة التيار أو القصر
- 26 لمبة انعكاس القدرة
- 27 لمبة التسرب الأرضي
- 28 لمبة بيان التشغيل العادي
- 29 بوق الإنذار الصوتي
- 30 لمبة الإشارة الدوارة



الشكل (٨ - ١)

والشكل (٨ - ٢) يعرض المخططات الكهربائية لهذه الوحدة والتي سعتها 250KVA حيث تستخدم دائرة الكترونية واحدة خاصة بمنظم الجهد AVR، ويستخدم كونتاكتور رئيسي للتحكم فى وصل وفصل أحمال المولد، وكذلك تستخدم ريليهات التحكم التالية:

- ريلاي زيادة التيار .

- ريلاي قصر الدائرة .

- ريلاي تسرب أرضى .

- ريلاي انعكاس القدرة .

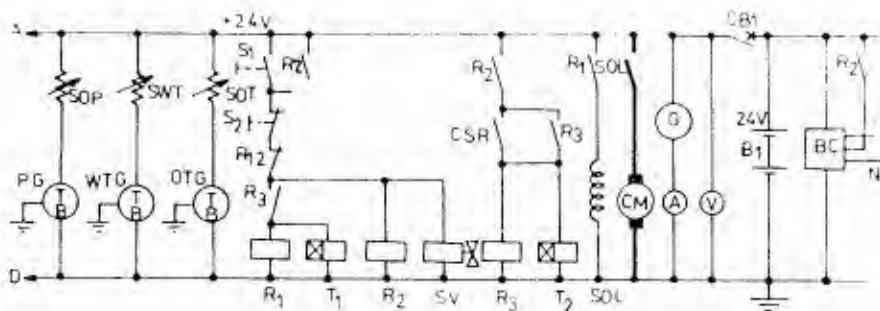
ويمكن لهذا المولد تشغيله بمفرده، وكذلك تشغيله بالتوازي مع الشبكة الرئيسية وذلك يدوياً، أما بخصوص ماكينة الديزل للمولد فيتم التحكم فيها بالطرق التقليدية باستخدام مجموعة ريليهات كهرومغناطيسية بالاستعانة بالعناصر التالية:

١ - مجس درجة حرارة الماء .

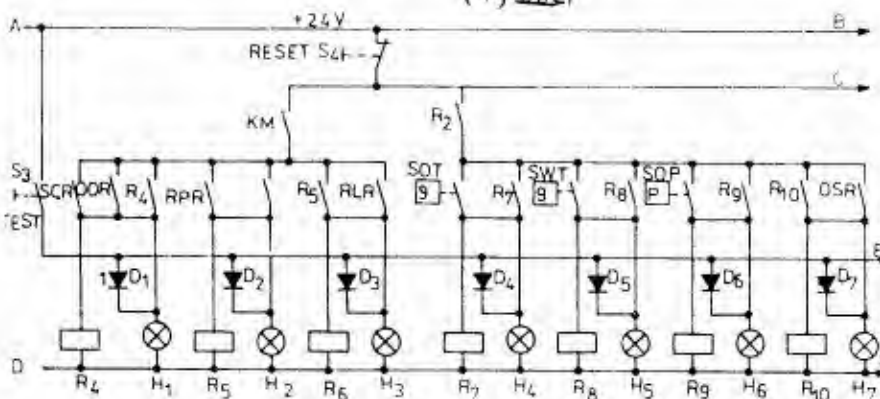
٢ - مجس درجة حرارة الزيت .

٣ - مجس ضغط الزيت .

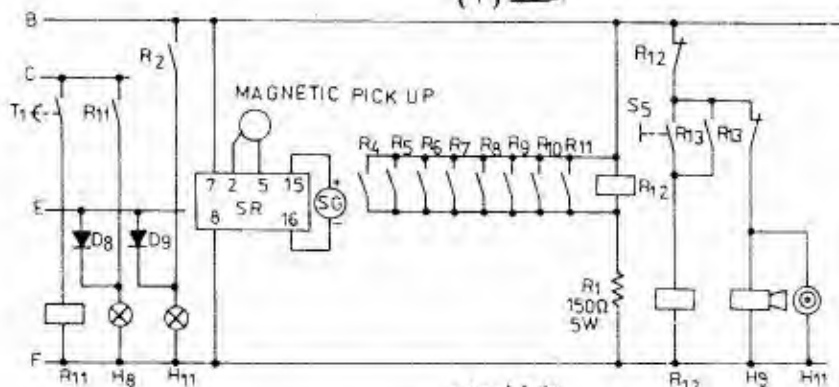
٤ - ريلاي سرعة .



(١) الخطط

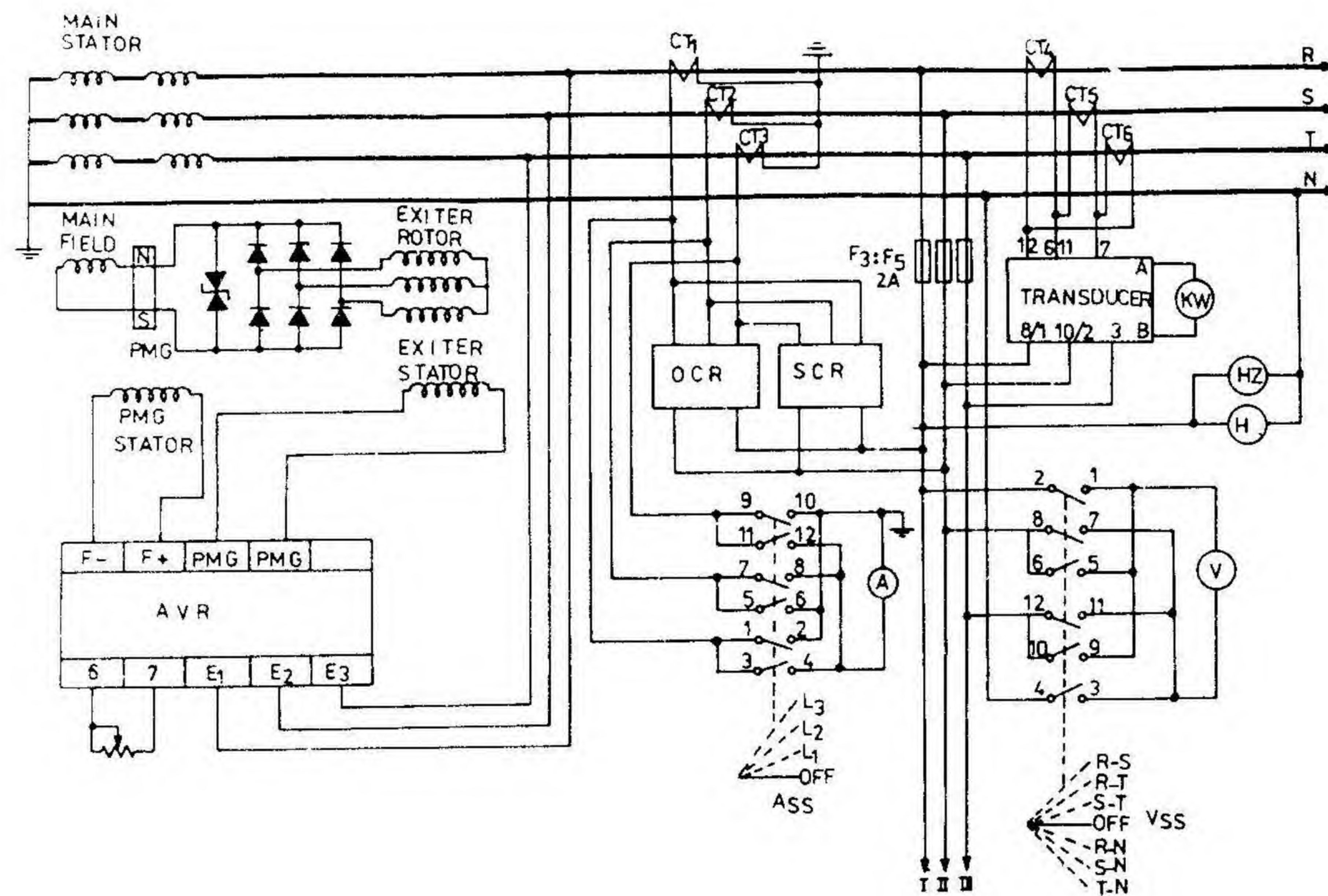


(٢) الخطط



(٣) الخطط

الشكل (٨-٢)



تابع الشكل (٨ - ٢)

محتويات دوائر التحكم المبينة باخططات 1، 2، 3

CB ₁	قاطع دائرة قطب واحد
BC ⁺	وحدة شحن استاتيكية للمطارية
Bi	(مطاريات) على التوالي
G	مولد شحن المطارية
A	عداد تيار الشحن
V	عداد جهد الشحن
CM	محرك البدء
SOL	ملف تشغيل محرك البدء
SWT	محس ارتفاع درجة حرارة الماء
SOT	محس ارتفاع درجة حرارة الزيت
SOP	محس انخفاض ضغط الزيت
Magnetic Pickup	محس السرعة
SR	ريلاي السرعة
CSR	ريشة انتهاء البدء لريلاي السرعة
OSR	ريشة زيادة السرعة لريلاي السرعة
R ₁	ريلاي إضافي
T ₁	مؤقت تعدي زمن البدء
R ₂	ريلاي إضافي للدوران
SV	صمام كهربي للوقود
R ₃	ريلاي إضافي لانتهااء البدء
T ₂	مؤقت يمنع عمل إنذار انخفاض ضغط الزيت في بداية التشغيل

R4	ريلاي إضافي يعمل عند زيادة التيار أو القصر
R5	ريلاي إضافي يعمل عند انعكاس القدرة
R6	ريلاي إضافي يعمل عند التسرب الأرضي
R7	ريلاي إضافي يعمل عند ارتفاع حرارة الزيت
R8	ريلاي إضافي يعمل عند ارتفاع حرارة الماء
R9	ريلاي إضافي يعمل عند انخفاض ضغط الزيت
R10	ريلاي إضافي يعمل عند زيادة سرعة الماكينة
R11	ريلاي إضافي يعمل عند تعدد زمن البدء
R12	ريلاي الخطأ العادم
R13	ريلاي المعروفة (إسكات الإنذار الصوتي)
H1	لمبة بيان زيادة التيار أو القصر
H2	لمبة بيان انعكاس القدرة
H3	لمبة بيان التسرب الأرضي
H4	لمبة بيان ارتفاع حرارة الزيت
H5	لمبة بيان ارتفاع حرارة الماء
H6	لمبة بيان انخفاض ضغط الزيت
H7	لمبة بيان زيادة السرعة
H8	لمبة بيان تعدد زمن البدء
H9	نوق الإنذار الصوتي
H10	لمبة الإنذار الومضة
H11	لمبة بيان التشغيل العادي
S1	ضاغط بدء التشغيل

S2	4خط إيقاف الماكينة
S3	5خط اختبار لمبات البيان
S4	6خط تقرير الإنذار
S5	7خط المعرفة (إسكات الإنذار الصوتي)
WTG	8درجة حرارة الماء
OTG	9درجة حرارة الزيت
PTG	10ضغط الزيت
SG	11سرعة الماكينة
D1 - D9	12ت اختبار لمبات البيان

ات دوائر الرئيسية المبينة باحطططات (4, 5):

Main Stator	الثابت الرئيسي
Main Rotor	الدوار الرئيسي (أحمال الرئيسي)
Exciter Rotor	لدوار مولد الإثارة
Exciter Stator	لثابت مولد الإثارة
PMG Stator	ثابت لمولد المغناطيس الدائم
PMG Rotor	دوار لمولد المغناطيس الدائم
AVR	هد
CT1, CT2, CT3	تيار ريليهات زيادة التيار والقصر
CT4, CT5, CT5	تيار جهاز قياس القدرة
CTE	ريلاي التسرب الأرضي
CTP	ريلاي انعكاس القدرة
ASS	تيار التيار

VSS	مفتاح اختيار الجهد
A	جهاز قياس التيار
V	جهاز قياس الجهد
HZ	جهاز قياس التردد
H	جهاز قياس ساعات التشغيل
SY	جهاز التوافق (السينكرو سكوب)
Transducer	صندوق التحكم في جهاز قياس القدرة
Resistance box	صندوق مقاومات جهاز التوافق
OCR	ريلاى زيادة التيار
SCR	ريلاى القصر
ELR	ريلاى التسرب الأرضي
RPR	ريلاى العكس القدرة
CSY	ريلاى اختيار التزامن
L1, L2, L3	لمبات بيان التزامن
GM	محرك التحكم في سرعة الماكينة
KM	كونتاكتور رئيسي
RL	ريلاى إضافي للحمل
Close	ضاغط غلق الكونتاكتور الرئيسي
Open	ضاغط فتح الكونتاكتور الرئيسي
SSY	مفتاح تشغيل جهاز التوافق
T	محول
F3, F4, F5, F6, F7, F8	مضهرات
SWG	مفتاح ضغط سرعة الماكينة

نظرية التشغيل

(المخطط 1)

في البداية يتم الضغط على الضاغط S1 فيعمل ريلاي البدء R1 وريلاي الدوران R2 وصمام الوقود SV، وتبدأ بتشغيل مسار تيار ملف محرك البدء SOL فيعمل محرك البدء CM، ويدور المحرك وعند وصول سرعة ماكينة الديزل لحوالي 50% من السرعة المقننة أي 900RPM، تحمل ريشة انتهاء البدء لريلاي السرعة CSR، فيعمل الريلاي R3، ويفصل ريلاي البدء R1، وكذلك يفصل مؤقت تعدي زمن البدء T1، وتجرى عمل ريلاي الدوران R2، تفصل وحدة شحن البطارية الالكترونية BC. ويتم شحن البطاريات من مولد الشحن G ويقوم عداد تيار الشحن A بقياس تيار الشحن، وكذلك يقوم عداد جهد الشحن V بقياس جهد الشحن.

(المخطط 3)

وفي الوضع الطبيعي تعمل لمبة السيان H11 للدلالة على عمل ماكينة الديزل وكذلك بتشغيل مسار تيار ريلاي الحفظ R12.

(المخطط 4)

ويمكن لتشغيل خط جهد اطراف المولد بواسطة المقاومة المشعيرة POT الموصلة مع AVR وصولاً للجهد المطلوب.

(المخطط 5)

ويمكن رفع أو خفض سرعة الماكينة يدوياً، بواسطة مفتاح التحكم في السرعة SWG، وذلك من خلال التحكم في اتجاه دوران محرك الحاكم GM.

(المخطط 4)

وهناك احتمالان لإدخال المولد الخدمة وهما:

أولاً: عدم وجود تيار كهربى عند الحمل، وفي هذه الحالة يتم الضغط على ضاغط غلق الكومبتاكتور الرئيسى KM (الضاغط CLOSE)، فيتشغيل مسار تيار الكومبتاكتور KM وتدخل الأحمال على المولد.

ثانياً: وجود تيار كهربي عند الحمل من مصدر خارجي مثل: الشبكة الموحدة وفي هذه الحالة يجب غلق مفتاح جهاز التوافق SSY، والتحكم في سرعة الماكينة بواسطة مفتاح التحكم في سرعة الماكينة SWG، وعند الوصول إلى وضع التزامن المناسب، فإن اللعبة لا ستطلق وتضئ اللامبات L1، L2، وكذلك فإن مؤشر جهاز التوافق SY سينوقف على وضع الساعة 12 وفي هذه الحالة فإنه عند الضغط على ضاغط الغلق Close يكتمل مسار تيار الكونتاكطور الرئيسي.

(المخططات 2, 3)

الأخطاء المحتملة:

- ١- زيادة التيار أو قصر على أطراف المولد فيعمل الريلاي الإضافي R4 وتضئ لمبة البيان H1 (المخطط 2).
- ٢- انعكاس القدرة ويعمل الريلاي R5 وتضئ لمبة البيان H4.
- ٣- تسرب ارضي ويعمل الريلاي R6 وتضئ لمبة البيان H5.
- ٤- ارتفاع درجة حرارة الزيت ويعمل الريلاي R7 وتضئ لمبة البيان H4.
- ٥- ارتفاع درجة حرار الماء ويعمل الريلاي R8 وتضئ لمبة البيان H5.
- ٦- انخفاض ضغط الزيت ويعمل الريلاي R9 وتضئ لمبة البيان H6.
- ٧- زيادة سرعة ماكينة الديزل ويعمل الريلاي H10 وتضئ لمبة البيان H7.
- ٨- تعدي زمن البدء والذي يساوي 10S ويعمل الريلاي R11 وتضئ لمبة البيان H8.

وفي جميع الحالات السابقة يحدث قصر على أطراف ريلاي الإنذار الرئيسي R12 فيفقد مغناطيسيته، وتعود الريشة لوضعها الطبيعي، ويعمل كل من البوق H9، ولمبة الإنذار المواضة H10 فينقطع مسار تيار ريلاي الدوران R2، وصمام الوقود SV، والكونتاكتور الرئيسي KM، وتوقف الماكينة والمولد.

ويمكن إسكات البوق وكذلك إيقاف لمبة الإنذار الدوارة (المواضة) بواسطة الضاغط S5 الذي يعمل على تشغيل ريلاي المعرفة R13، والذي يقوم بدورة بفصل

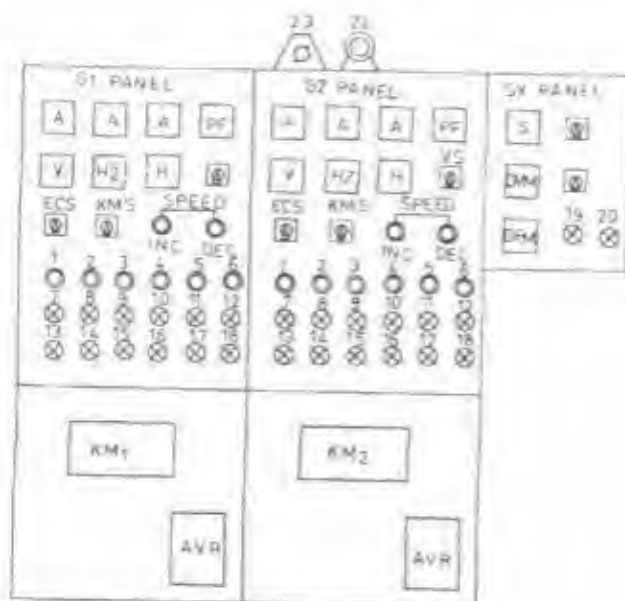
كل من H_9, H_{10} . وبعد ذلك يمكن معرفة سبب الإنذار بواسطة لية البيان المضيفة، وبعد إزالة سبب المشكلة يمكن تحرير الخطأ بواسطة ضاغط التحرير S2 (مخطط ١) والعودة للموضع الطبيعي.

والجدير بالذكر أنه للاطمئنان على سلامة لحبات البيان يتم اختبارها بواسطة الضاغط S3.

٨ / ٢ - مخططات الكهربية لوحدين يعملان على التوازي

الشكل (٨ - ٣) يعرض لوحات التحكم لوحدين سعة كل منهما 750KVA يعملان على التوازي عند جهد 380V، وتردد 50HZ.

ففي حالة اختيار بدء تشغيل ماكينات الديزل للمولدين أوتوماتيكياً، فبمجرد انقطاع المصدر الكهربى الرئيسى، تعمل ماكينة الديزل للمولد الذى تم اختياره بواسطة مفتاح اختيار المولد الذى يعمل أولاً *Duty Switch*. فعند اختيار المولد G1 تعمل ماكينة المولد G1 أولاً وعند زيادة أحمال المولد G1 عن 90% من الحمل الكامل له يقوم ريلائ التيار المزدوج بتشغيل ماكينة المولد G2 لتدخل هى الأخرى الخدمة، وفي حالة انخفاض قدرة أحد المولدين عن 20% من الحمل الكامل لها يتوقف المولد وماكينته فى الحال.



الشكل (٨ - ٣)

والشكل (٨ - ٤) يعرض المخططات الكهربائية الخاصة بالمولدتين G1 و G2. علماً بأن المخططات 1، 2، 3، 6 مكررة لكلتا المولدتين، فكل مولد له نفس الدوائر الموجودة في هذه المخططات.

محتويات المخطط 1:

BC	وحدة شحن الكترونية
G	مولد شحن البطارية
CM	محرك بدء حركة ماكينة التدوير
SOL	ملف محرك بدء الحركة

CR1	موحد انعكاس قطبية البطاريات
B1 - B2	بطاريتان
CB1	قاطع حماية دوائر التحكم (قصف واحد)
	محتويات المخطط 2:
ECU	وحدة التحكم في الماكينة
	مفتاح الاختيار بطريقة عمل الماكينة وله ثلاثة أوضاع
ECS	(Aut/ Off/ Man)
R1	ريلاي إضافي للفلواري
R2	ريلاي إضافي للتشغيل البدوي
R3	ريلاي إضافي لبدء التشغيل
R4	ريلاي إضافي للمخطط
R5	ريلاي إضافي للدورال
R6	ريلاي إضافي لزيادة السرعة
R7	ريلاي انخفاض ضغط الزيت
T5	مؤقت يؤخر عند الفصل
SS	محس السرعة
SP	محس انخفاض ضغط الزيت
ST	محس ارتفاع درجة الحرارة
H1	لمبة بين عمل الماكينة
H2	لمبة بيان زيادة السرعة
H3	لمبة بين تعدي زمن البدء
H4	لمبة بيان ارتفاع حرارة ماء التبريد

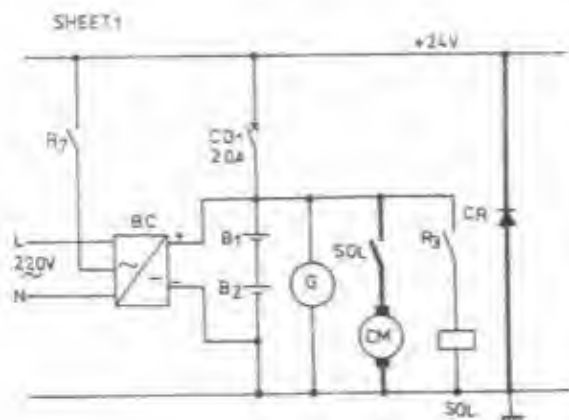
H5	لمبة بيان زيادة ضغط الزيت
H	عداد ساعات التشغيل
Emergency	ضاغط الطوارئ
Test	ضاغط اختبار للمبات
AV	صمام دخول الهواء
EV	صمام الوقود
	محتويات المخطط 3 :
R8	ريلاي إضافي يعمل عند انخفاض التردد
R9	ريلاي إضافي عند انخفاض الجهد
R10	ريلاي إضافي يعمل عند انعكاس القدرة
R11	ريلاي إضافي يعمل عند القصر وزيادة الحمل
R12	ريلاي إضافي يعمل عند زيادة الجهد
R13	ريلاي إضافي يعمل عند الطوارئ
R14	ريلاي إضافي يعمل عند ارتفاع درجة حرارة المولد
R15	ريلاي الخطأ العام
R16	ريلاي إزالة الإنذار
H6	لمبة تعمل عند انخفاض التردد
H7	لمبة تعمل عند انخفاض الجهد
H8	لمبة تعمل عند انعكاس القدرة
H9	لمبة تعمل عند القصر وزيادة الحمل
H10	لمبة تعمل عند زيادة الجهد
H11	لمبة تعمل عند الطوارئ

H12	لمبة تعمل عند ارتفاع درجة حرارة المولد
H13	بوق الإنذار الصوتي
H14	لمبة الإنذار الومضة الدوارة
Reset	ضابط تحرير الإنذار
ACK	ضابط المعرفة
محتويات المخطط 4:	
T1	مؤقت يؤخر عند فصل ماكينة G1 أربع دقائق لحظة عودة التيار الرئيسي
	مؤقت يؤخر عند فصل ماكينة G2 أربع دقائق لحظة عودة التيار
T3	الرئيسي
	مؤقت يؤخر عند فصل قاطع المولد G1 عشرون ثانية لحظة عودة التيار
T2	الرئيسي
	مؤقت يؤخر عند فصل قاطع المولد G2 عشرون ثانية لحظة عودة التيار
T4	الرئيسي
R17	رelay إضافي يعمل عند عمل T1 أو T2
R18	رelay إضافي يعمل عند عمل T3 أو T4
Test	ضابط اختبار محركات الديزل
ATS	ريشة مفتوحة من مفتاح الانتقال الأتوماتيكي
KM1	كونتاكتور رئيسي للمولد G1
KM2	كونتاكتور رئيسي للمولد G2
KMS1	مفتاح اختيار طريقة غلق الكونتاكتور الرئيسي للمولد G1
KMS2	مفتاح اختيار طريقة غلق الكونتاكتور الرئيسي للمولد G2
Open	ضابط فتح الكونتاكتور الرئيسي

Close	ضاغط غلق الكونتاكتور الرئيسي
DS	مفتاح الخدمة
MS ₁ , MS ₂	ريش مفتوحة من مفتاح التزامن البدوي
محتويات المخطط 5:	
SY ₁	جهاز التزامن للمولد G ₁
SY ₂	جهاز التزامن للمولد G ₂
LS ₁	جهاز تقسيم أحمال المولد G ₁
LS ₂	جهاز تقسيم أحمال المولد G ₂
KM ₁	الكونتاكتور الرئيسي للمولد G ₁
KM ₂	الكونتاكتور الرئيسي للمولد G ₂
M ₁	محرك التحكم في سرعة ماكينة المولد G ₁
M ₂	محرك التحكم في سرعة ماكينة المولد G ₂
Inc.	ضاغط زيادة السرعة يدوياً
Dec.	ضاغط تخفيض السرعة يدوياً
CT ₄ , CT ₈	محولات تيار مظمات الجهد
CT ₅ , CT ₇	محولات تيار مقسمات الأحمال
محتويات المخطط 6:	
Main stator	العضو الثابت للمولد الرئيسي
Main Rotor	العضو الدوار للمولد الرئيسي
PMG Stator	ملفات العضو الثابت للمولد ذات المعناطيس الدائم
PMG Rotor	ملفات العضو الدوار للمولد ذات المعناطيس الدائم
Exciter Rotor	ملفات العضو الدوار لمولد الإثارة
Exciter Stator	ملفات العضو الثابت لمولد الإثارة

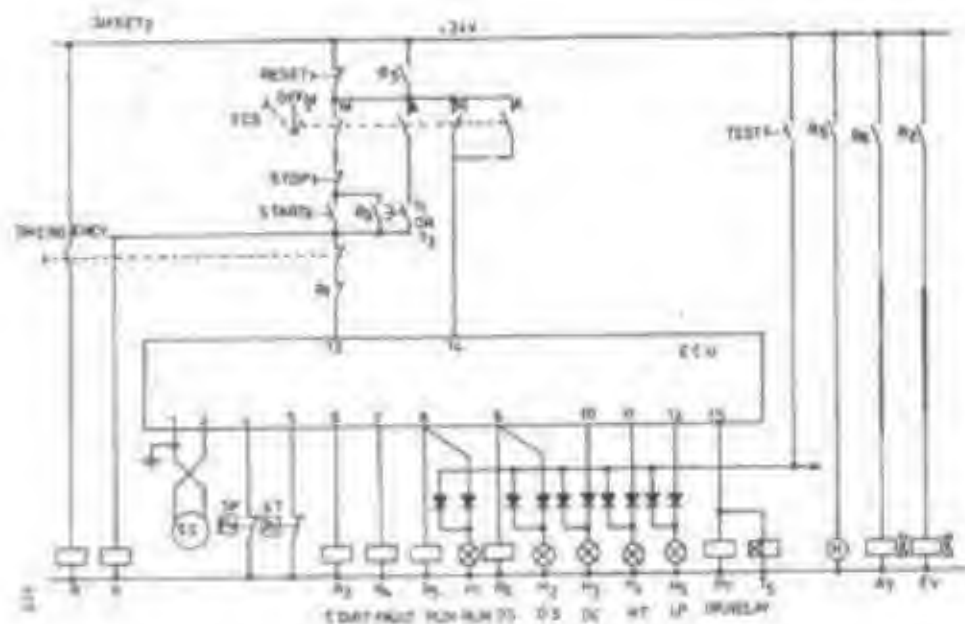
OCR	ريلاى زيادة التيار
SCR	ريلاى تيار القص
THR	ريلاى ارتفاع درجة الحرارة
UOVR	ريلاى انخفاض وزيادة الجهد
OFR	ريلاى زيادة التردد
UFR	ريلاى انخفاض التردد
DCR	ريلاى التيار المزدوج
A, A, A	أجهزة قياس التيار
V	جهاز فولتميتر
CT ₁ - CT ₂	محولات تيار
PF	جهاز معامل قدرة
PF Transformer	محس معامل قدرة
POT	مقاومات ضبط جهد المولد
Thermiister	مقاومات حرارية
VSS	مفتاح اختيار الجهد
محتويات المخطط 7:	
DVM	جهاز فولتميتر مزدوج
DFM	جهاز أميتر مزدوج
S	جهاز سينكرو سكوب
Resistance box	صندوق مقاومات
MS	مفتاح الترامن اليدوى وله ثلاثة أوضاع (G1 / Off / G2)
L ₁ , L ₂	لمبات الترامن
R ₁ +	ريلاى إضافى لتقصيب الترامن

مخطط (١)



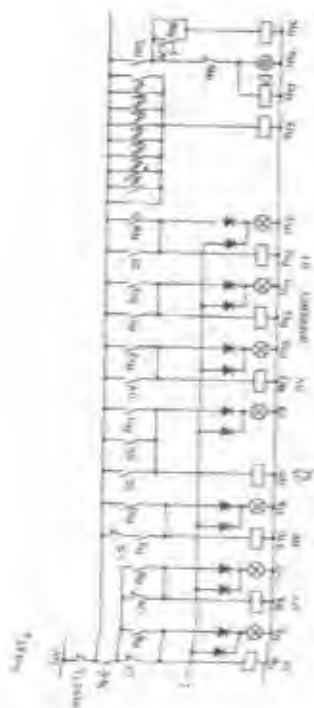
الشكل (٨ - ٤)

مخطط (٢)



تابع الشكل (٨ - ١)

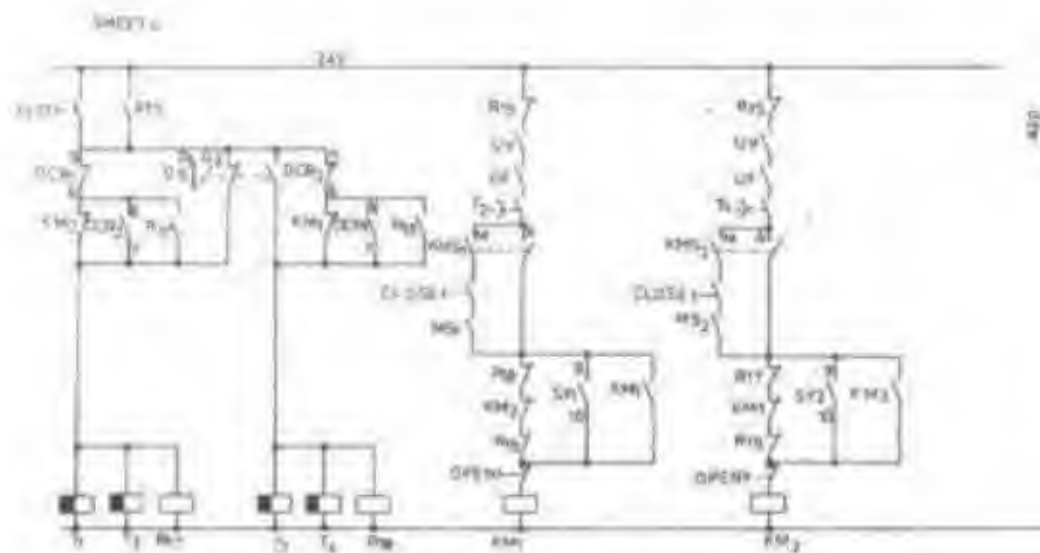
مخطط (٣)



تابع الشكل (٨ - ٤)

مخطط (٤)

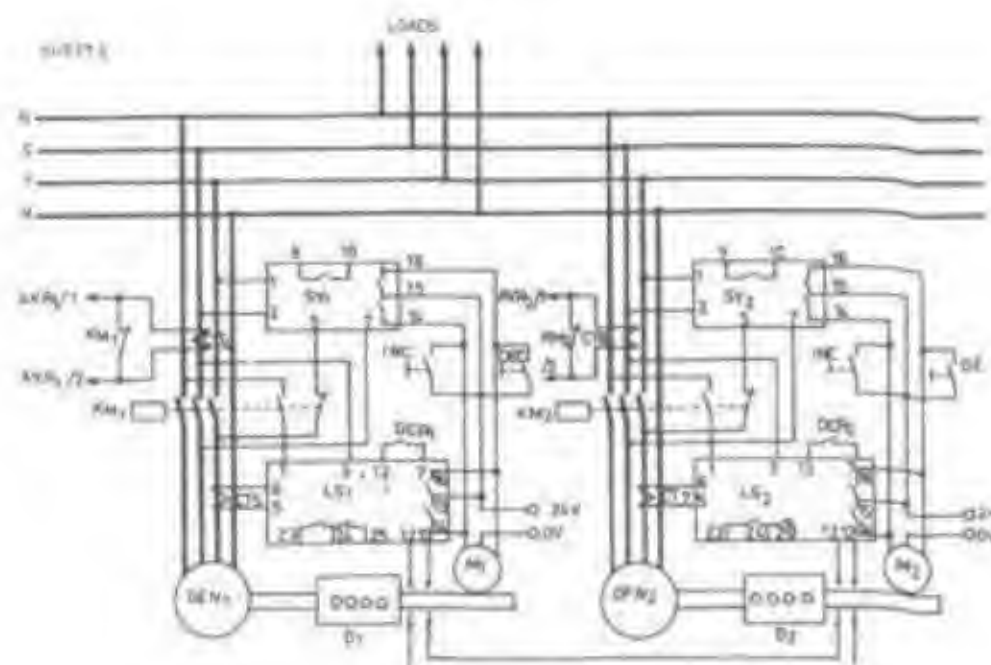
١١١



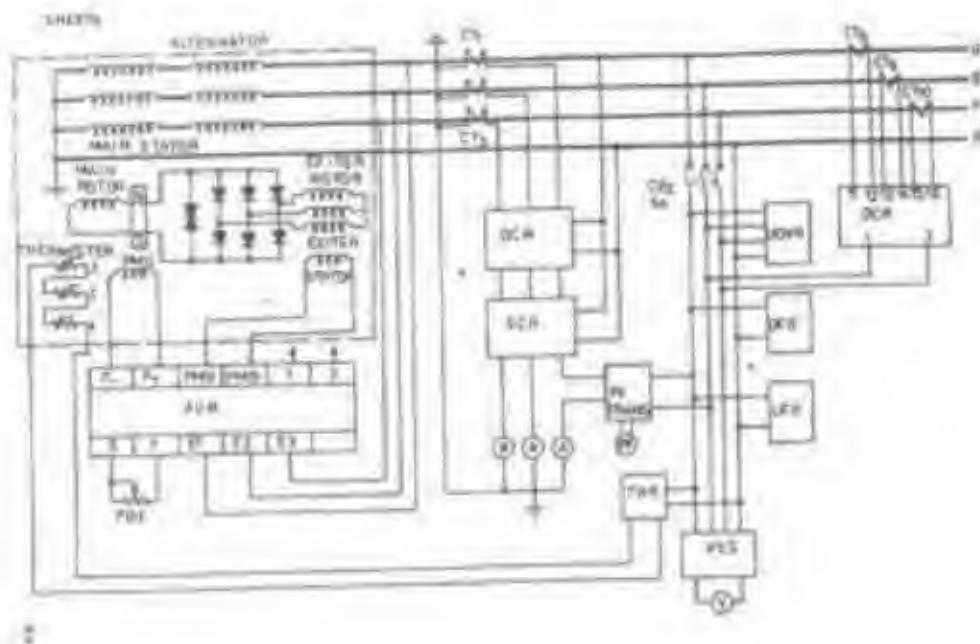
١١١

تابع الشكل (٨ - ٤)

مسحط (٥)

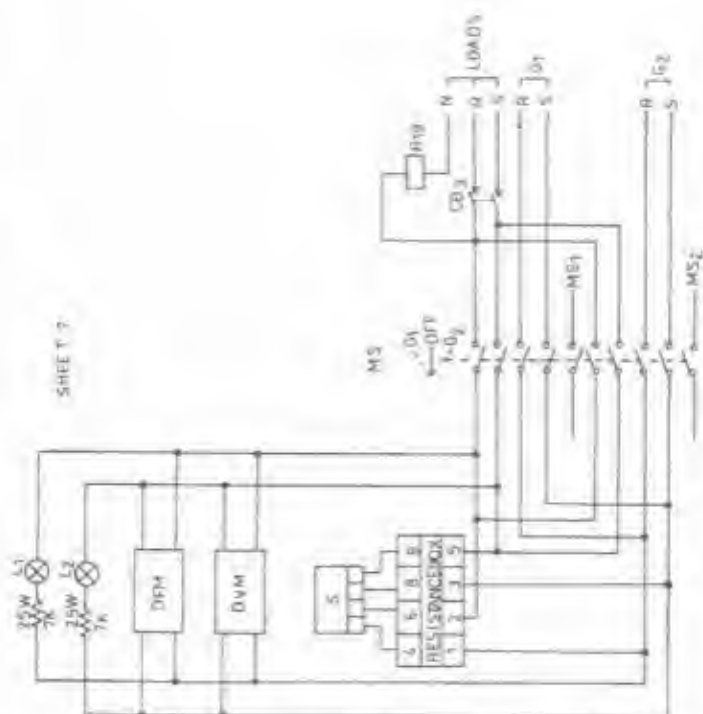


تابع الشكل (٨ - ١)



تابع الشكل (8 - ٤)

المخطط (٧)



تاسع الشكل (٨ - ٤)

نظرية التشغيل:

في البداية يتم تحديد وضع كل من وضع مفتاح اختيار أداء الماكينة ECS على وضع A (المخطط ٢) ووضع مفتاح اختيار وضع الكونتاكتور الرئيسي KM1 على وضع A (المخطط ٢) ووضع مفتاح الخدمة على وضع G (المخطط ٤).

عند انقطاع المصدر الكهربائي الرئيسي، يعمل مفتاح الانشغال الأتوماتيكي ATS فيعطي ريشته (المخطط ١)، فيكتمل مسار المؤقتات T1 - T2 والريلاي R17

(المخطط ٤) وتغلق الريشة المفتوحة للمؤقت T1 (المخطط ٢) فيكتمل مسار التيار وصولاً للنقطة 13 لوحدة التحكم في الماكينة ECU (المخطط ٢)، فيكتمل مسار تيار الريلاي R3، و الريلاي R7، وتباعاً يعمل محرك البدء SOL، ومن ثم يعمل محرك البدء CM (المخطط ٣). وعند وصول سرعة الماكينة نحو 50% من السرعة المقتنة للمولد أي 900 لفة / دقيقة تقوم ECU بفصل التيار الكهربى عن R3، وتوصل التيار الكهربى للريلاي R4 (المخطط ٣) علماً بأن محسن السرعة SS يقوم بإرسال نبضات يتناسب ترددها طردياً مع سرعة الماكينة، ويمكن لوحدة التحكم في الماكينة ECU معرفة قيمة سرعة الماكينة بواسطة دائرة قياس تردد النبضات الموجودة بداخلها وبمحرد وصول قيمة جهد المولد للقيمة المقتنة وكذلك تردد المولد للشرد المقن يكتمل مسار تيار الكونتاكتور KM1 (المخطط ٤)، ويتم تغذية الاحمال.

والجدير بالذكر انه عند زيادة الاحمال عن 90% من الحمل المقن لهذا المولد، يقوم ريلاي التسيار المزدوج DCR1 للمولد G1 (المخطط ٦) بغلق ريشته 7-8 DCR1 فيكتمل مسار تيار T3, T4, R18 (المخطط ٤) وتباعاً تعمل ماكينة المولد G2 بنفس طريقة عمل المولد G1. وعند وصول جهد وتردد المولد G2 للقيم المقتنة وعند الوصول لحالة التزامن يغلق جهاز التزامن SY2 ريشته المفتوحة SY2/9-10 ويعمل KM2 (المخطط ٤).

ونفرض ان احتمال المولدين في لحظة معينة تنخفضت عن 20% من الحمل المقن للمولدين في هذه الحالة ينقطع مسار تيار كلا من T3, T4, R18 (المخطط ٤)، وبعد مرور 20S (زمن تاخير T4) ينقطع مسار تيار الكونتاكتور KM2 (المخطط ٤)، وينتقل حمل المولد G2 إلى المولد G1، وبعد مرور زمن 4 دقائق (زمن تاخير المؤقت T3)، ينقطع التيار الكهربى عن النقطة 13 ECU (المخطط ٢) وهذا الزمن كاف لتبريد ماكينة المولد G2. وبنفس الطريقة يمكن تتبع التشغيل البدوى للماكينة؛ وكذلك للكونتاكتورات الرئيسية كما انه يمكن تتبع طريقة إجراء التزامن البدوى بين المولدين G1, G2 بواسطة ضوابط غلق وفتح الكونتاكتورات الرئيسية Close open (المخطط ٤).

وبخصوص الكونتاكتورات KM1, KM2، وكذلك ريليهات زيادة التيار OCR، و تيار القصر SCR، فيمكن استبدالهم بقواطع دائرة بنفس الطريقة المتبعة في مفتاح الانتقال الانوماتيكي (الفقرة ٥ - ٤).

الباب التاسع

التشغيل والصيانة والإصلاح

التشغيل والصيانة والإصلاح

١ / ٩ - تشغيل وحدة التوليد لأول مرة

قبل بدء تشغيل الوحدة لأول مرة يجب إجراء الفحوصات التالية:

- ١ - الفحص بالنظر، للتأكد من عدم وجود أى أجزاء مفكوكة
- ٢ - فحص الخلو من بين العضو الثابت، والعضو الدوار للمولد الرئيسى، ويجب التأكد من أن المولد يدور بحرية، بإزالة المولد بواسطة عجلة باليد ذورتين كاملتين، مع الحرص من تعريض مروحة المولد لأى قوة أثناء إدارته باليد .
- ٣ - تثبيت الكابلات التى تنقل القدرة الكهربائية من المولد إلى الاحمال، بطريقة تمنع تلفهم أثناء دوران المولد .
- ٤ - التأكد من أن المولد مؤرض جيد، ولتعرفه المزيد عن موضوع التأسيس يمكن الرجوع للمكتاب الأول من المجموعة العملية فى التركيبات الكهربائية .
- ٥ - التحقق من عدم وجود أى مواد حادة تنقل المولد بداخله .
- ٦ - التأكد من أن جميع الأغصية والدلائل فى مكانها .

وفيما يلى خطوات تشغيل الوحدة لأول مرة:

- ١ - ابدأ بتشغيل آلة الاحتراق الداخلى (مكبنة الديزل) حتى تصل للسرعة المقننة فى هذه الحالة اغلق مفتاح مجال الإثارة (إن وجد)، وذلك فى حالة المولدات ذات التغذية المتفصلة، أما فى حالة المولدات ذات التغذية الذاتية، فإن الجهد سوف يتشكل على أطراف المولد تلقائياً، وإذا لم يتشكل الجهد على أطراف المولد، يمكن اللجوء لبعض المحال، لإعادة المعاظيسية الميكانيكية (ارجع للمفكرة ١-٩-٥)

- ٢ - تحقق من قيمة جهد أطراف المولد فقد يحدث ما يلى:

أ - زيادة الجهد عن 20% من الجهد المعلن، فإنما حدث هذا افتح مفتاح تغذية

القدرة لتنظيم الجهد (في حالة المولدات ذات التغذية المنفصلة)، مع إيقاف
ماكينة الديزل فوراً، ثم حدد سبب إزداد جهد أطراف المولد بالاستعانة
بجدول اكتشاف الأعطال، (الجدول ٩ - ١).

ب - عند انخفاض جهد المولد عن 15% من الجهد المقنن، وقف ماكينة
الديزل. وحدد سبب تدنى الجهد بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال
(الجدول ٩ - ١).

ج - الجهد يتولد على أطراف المولد ثم ينهار وقف ماكينة الديزل وحدد سبب
الانهيار بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال (الجدول ٩ - ١).

د - جهد متذبذب على أطراف المولد، وقف ماكينة الديزل حدد سبب تذبذب
الجهد بالاستعانة بجدول اكتشاف الأعطال (الجدول ٩ - ١).

٣ - حمل الوحدة بالحمل الكامل وتحقق من أن جهد أطراف الوحدة في حدود
 $\pm 2\%$ من الجهد المقنن فإذا لم يكن كذلك ارجع لجدول اكتشاف الأعطال
(الجدول ٩ - ١).

أما إذا تغير جهد أطراف الوحدة مع زيادة الحمل، أعد معايرة نقطة معايرة
الاستقرار Stability لتنظيم الجهد، فإذا لم تنجح هذه المحاولة ارجع لجدول اكتشاف
الأعطال لتحديد مكان العطل.

٤ - تجنب تشغيل الوحدة بسرعة منخفضة لمدة طويلة، لأن هذا يمكن أن يتلف
منظم الجهد AVR، أو مولد الإثارة، أو مجال المولد الرئيسى، فإذا كان التشغيل
عند السرعات المنخفضة ضرورياً، فإنه يجب نوع أسلاك تغذية القدرة لمنظم
الجهد، وذلك إذا لم تكن الوحدة مزودة بمولد حماية من انخفاض التردد.
ويمكن أن يكون منظم الجهد مزود بمفتاح يساعد على إمكانية فصل التيار عن
مولد الإثارة في حالة الطوارئ (مثل تشغيل الماكينة بسرعات منخفضة)
ويوصل هذا المفتاح مع أطراف دخول القدرة الكهربائية للمنظم كما بالشكل
(٥ - ٣).

٩ / ٢ - الصيانة الوقائية للمولدات

إن تراكم الغبار والأوساخ والحيوط على المولد؛ يعوق مسارات تهوية المولد، الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المولد، بالإضافة إلى ذلك، فإن تراكم غبار الكربون، والغبار المعدني، وبرادة المعادن المختلفة، لا تعوق من التهوية فحسب، بل تشكل طبقة رقيقة موصلة فوق عوازل المولد، الأمر الذي يزيد من فرصة انهيار العازل، ولذلك فإن المولدات التي تعمل في أماكن قذرة يجب تفكيكها وتنظيفها بصفة دورية.

٩ / ٢ / ١ - التنظيف والفحص

لتنظيف الأجزاء الكهربائية يجب فك المولد، ثم يتم تنظيف الأجزاء الكهربائية بأحد الطرق التالية:

١ - تنظيف الأتربة المتراكمة المحتوية على زيت، أو شحم بواسطة قطعة قماش مبللة عذيب صناعي (أحد مشتقات البترول التي لها نقطة وميض أكبر من 38°C)، ثم بعد ذلك، يتم تحقيق جميع الملغعات جيداً، بواسطة الهواء المضغوط الحال من الرطوبة مع أخذ الاحتياطات اللازمة، حتى لا يقع المذيب على الوريش العازل للمولد، ولا يتلف الوريش، ويجب استعمال مواد مذيبة بترولية من الأنواع المأمونة مع توفير تهوية كافية لتجنب الحريق والانفجار والأضرار الصحية عند استعمال المواد المذيبة، مع تجنب استنشاق أبخرة هذه المذيبات، واستعمال القفازات الجلدية الواقية للأيدي.

٢ - يتم التنظيف بالقماش الجاف، للأجزاء الصغيرة، والضيقة التي يصعب الوصول إليها؛ كما أن نفخ الغبار بالهواء المضغوط، له فعالية خصوصاً عند تجمع الغبار في أماكن يصعب الوصول إليها بالقماش.

٣ - إزالة الغبار، والأوساخ الحافة باستعمال فرشاة ذات شعر خشن يليها التنظيف بمكينة كهربية مع الحذر من استخدام الفرشاة المملكية، وعادة فإن المكينة الكهربائية تستخدم لإزالة الغبار السائب.

٤ - التنظيف بخار الماء، وهذا التنظيف يستخدم عند فك المولد كلياً، مع استعمال

عناصر التحكم الالكترونية، ويعتبر هذا النوع من التنظيف جيداً ولكنه يحتاج لتجفيف المولد بعد التنظيف لإزالة الرطوبة من المولد قبل إعادته للخدمة وبعد الانتهاء من التنظيف يجب فحص الموصلات الكهربائية في المولد، للتحقق من عدم تشقق المواد العازلة ويجب استبدال الموصلات التي لها مواد عازلة تالفة أو متسعة بالزيت فإذا ظهر أن طبقة الورنيش الخارجية الموجودة على الملفات تالفة فإنه يجب طلاؤها ثانية بورنيش عازل.

٢/٢/٩ - التشحيم

يجب إعادة تشحيم ركائز المولد سنوياً، أما المولدات التي تعمل في ظروف التشغيل القاسية، كالبيئات القذرة، فإنها تتطلب مزيداً من التشحيم (مرة كل ستة شهور)؛ وعادة يستخدم شحم مضاد للاحتكاك له مدى تشغيل يتراوح ما بين $(-30^{\circ}\text{C} ; +175^{\circ}\text{C})$ ، ولإضافة أو تجديد الشحم اتبع ما يلي:

١ - وقف المولد.

٢ - نظف سدادات الشحم والأجزاء المحيطة بها.

٣ - ارفع سدادات فتحات التشحيم وفتحات التصريف.

٤ - ادخل وصلة مسدس الشحم في فتحات التشحيم؛ لحقن الشحم اللازم.

٥ - ازل الشحم المتصلب في فتحات التصريف، مستخدماً سلكاً إذا لزم الأمر.

٦ - شغل المولد، وسدادات فتحات التشحيم، وفتحات التصريف، مرفوعة لمدة خمسة عشر دقيقة، للسماح بالشحم الزائد بالخروج.

٧ - وقف المولد، وامسح أي شحم خارج، وأعد سدادات فتحات التشحيم والتصريف لأماكنها.

ويجب استعمال شحم نظيف موضوع داخل أوعية مغلقة، كما أن مقدار الشحم المضاف مهماً جداً، فزيادة الشحم قد يكون ضاراً مثل قلة الشحم؛ لذلك يجب الرجوع لدليل الشركة المصنعة لمعرفة كميات الشحم المطلوبة، وعادة فإن كمية الشحم المطلوبة لكل نقطة تشحيم تتراوح ما بين $(25;50 \text{ Cn}^3)$.

عند ترك المولد لفترات كبيرة بدون عمل فى أماكن وطبة فى العراء؛ فإنه يلزم تخفيف عزل المولد، خصوصاً إذا كانت نتائج اختبارات العزل غير مرضية، وهناك عدة طرق لتخفيف المولدات كما يلى:

- ١ - توضع سخانات كهربية تعمل من مصدر كهربى آخر داخل المولد.
 - ٢ - يوضع المولد داخل فرن كهربى، ويتم تشغيل الفرن عند درجة حرارة 90 درجة مئوية بشرط نزع جميع أجهزة التحكم الالكترونية من المولد عن استخدام هذه الطريقة.
 - ٣ - استخدام وحدة توليد هواء مضغوط ساخن حيث يوجه خرج هذه الوحدة فى صندوق وصلات الأسلاك مع تشغيل المولد عند اللاحمل بدون أى مجال وذلك بفك فيوز المنظم، ويجب ألا تتعدى درجة حرارة الهواء المضغوط المدخل عند 66 درجة مئوية.
 - ٤ - التخفيف بإحداث قصير على أطراف المولد، مع تتبع الخطوات التالية:
 - أ - الفصل أطراف تغذية المجال من المنظم $F1, P2$.
 - ب - وصل بطارية أو مصدر قدرة آخر يعطى جهد 35 VDC 20 إلى أطراف المجال مع استخدام مقاومة متغيرة لتحمل تيار 2A بالتوالى، مع مصدر التيار المستمر، أو استخدام مصدر تيار مستمر متغير القيمة.
 - ج - اخذت قصير على أطراف المولد $L1, L2, L3$ مع استخدام كيارى لتحمل تيار المولد عند الحمل الكامل.
 - د - ادر المولد، وقس تيار الخرج على أطراف المولد باستخدام جهاز أميتر ذو الكمامشة.
 - هـ - تحكم فى الجهد الواصل للمقات المجال بواسطة المقاومة المتغيرة الموصلة مع مصدر التيار المستمر. بشرط أن يكون تيار المولد لا يتعدى 80% من تيار الحمل الكامل.
- ويعتمد زمن دوران المولد على هذه الحالة، على كمية الرطوبة الموجودة بالمولد،

ويجب اختبار عزل المولد كل أربع ساعات حتى نصل إلى قيمة عزل ثابتة.

وبعد تجفيف المولد والوصول لمقاومة عزل ثابتة؛ انزع الكباري الموجودة على أطراف المولد، وافصل مصدر التيار المستمر الموصل مع المجال، واعد توصيل أطراف المجال مع $F1, F2$ للمنظم، والتأكد من إحكام وباط جميع التوصلات قبل إعادة المولد للتشغيل الطبيعي.

٣/٩ - اكتشاف وإصلاح أعطال المولدات ومنظمات الجهد

إن أكثر أعطال المولدات ومنظمات الجهد شيوعاً مدرجة في الجدول (٩ - ١).

الجدول (٩ - ١)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
الجهد على أطراف المولد منخفض	- انخفاض المغناطيسية المتبقية أو قطبية غير صحيحة لمجال مولد الإثارة. - مفتاح فصل القدرة عن AVR مفتوح. - ماكينة الديزل لا تعمل لسرعتها المقننة. - أطراف دائرة القدرة للمنظم لموصلة. - أطراف التغذية المرتدة للمنظم لموصلة.	- المولد يحتاج لوسيط مجال. - أغلق المفتاح. - ارفع سرعة ماكينة الديزل وصولاً للسرعة المقننة. - تحقق من توصيلات AVR. - تحقق من توصيلات AVR.
- المولد يحمل حمل كبير أو يوجد قصر يخرج المولد. - مشكلة بالمنظم. - مولد الإثارة موصل بطريقة غير صحيحة.	- قلل الحمل أو أزل الخطأ. - استبدل المنظم. - تحقق من توصيلات مولد الإثارة.	- وكذلك من عمله. - اختبار مقاومة مولد الإثارة.
مشكلة بمولد الإثارة	صحيحة.	

تابع الجدول (٩ - ١)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
الجهد على أطراف المولد يتزايد ثم يقل	- تلف المقاومة المتغيرة الخاصة بضغط الجهد أو وجود فتح في هذه المقاومة المتغيرة. - عدم وصول قدرة كهربية لأطراف ناتجة القدرة لمنظم الجهد. - المنظم تالف.	- تأكد من سلامة المقاومة المتغيرة ومن جودة الوصلات الكهربية واستبدل المقاومة المتغيرة إذا تبين تلفها. - تحقق من وصول القدرة الكهربية للمنظم. - استبدله.
الجهد عال ولا يمكن التحكم فيه بواسطة المقاومة المتغيرة.	- أطراف الشعلية المرتدة للمنظم مفصولة. - يوجد قصر على أطراف المقاومة المتغيرة. - مشكلة بالمنظم.	- تحقق من التوصيلات. - تحقق من التوصيلات الكهربية واستبدل المقاومة المتغيرة في حالة تلفها. - استبدله.
الجهد عال على طرف المولد ويمكن تقليله بواسطة المقاومة المتغيرة مع عدم إمكانية الوصول للقيمة المقدرة.	- قيمة المقاومة المتغيرة منخفضة. - توصيل غير صحيح لأطراف التغذية المرتدة لمنظم الجهد. - جهاز الفولتميتر به خلل. - مشكلة بالمنظم.	- زد قيمة المقاومة المتغيرة. - تأكد من صحة وسلامة التوصيلات الكهربية للتغذية المرتدة. - استبدل. - استبدله.
الجهد منخفض علي أطراف المولد ولكن يمكن	- نقطة معايرة الجهد الحشة COSMIC أو الناعمة TIME مضبوطة عند قيمة منخفضة.	- عدل ضبط لقط معايرة الجهد الحشة أو الناعمة.
زيادته بواسطة المقاومة المتغيرة	- ماكينة الدورل تدور بسرعة منخفضة. - توصيل غير صحيح لأطراف	- أرفع سرعة ماكينة الدورل. - تأكد من صحة وسلامة التوصيلات

تابع الجدول (٩ - ٩)

المعطّل	أسباب المعطّل المتوقعة	طرق إصلاح المعطّل
مع عدم الوصول للجهد المقادير	التغذية المرتدة لمنظم الجهد - جهاز الفولتميتر غير دقيق - مشكلة بالمنظم .	الكهرلية للتغذية المرتدة . - استبدله إذا لزم الأمر - - استبدله .
تنظيم ضعيف	- التيار اللازم لحال المولد أكبر من القيمة العظمى المتاحة من منظم الجهد . - أحمال المولد غير متزنة مع وجود دائرة إحساس ثلاثية الوجه لمنظم الجهد . - جهد تغذية دائرة القدرة للمنظم منخفض عن الجهد اللازم له . - ماكينة التدبيل لا تعمل للسرعة المقسمة . - عدم إحداث قصير على أطراف محمول تيار دائرة التوازى عند تشغيل المولد بفردية . - خلل فى المنظم . - خلل فى مولد الإثارة أو المولد - خلل فى الموحّدات الدوّارة	- يستبدل المنظم بأخر مناسب للمولد . - حاول أن تجعل أحمال المولد متزنة وذلك بإعادة تقسيم الأحمال على الأوجه الثلاثة . - صحح جهد تغذية دائرة القدرة باستخدام المحوّل اللازم . - أرفع سرعة المولد . - ضع مفتاح (المفرد - التوازى) على وضع التشغيل المقرر والذي يعمل قصير على أطراف محمول تيار دائرة التوازى . - استبدله . - تحقق من سلامة المولد الرئيسى ومولد الإثارة بالأفوميتر . - تحقق من سلامة الموحّدات الدوّارة بالأفوميتر واستبدل الناقص .

تابع الجدول (٩ - ٩)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
عودة الجهد للمقيسة المقننة له نظري عند تعبير الأحكام على المولد.	- ضغط غير جيد لنقطة معايرة الاستقرار Stability لمنظم الجهد . - تجاوز بعض لماكنة الديزل ، - منظم الجهد غير مناسب .	- اعد ضبط نقطة معايرة الاستقرار ، - منظم سرعة ماكينة الديزل يحتاج لضبط أو استبدال ، - فارق المواصفات الفنية للمنظم متطلبات المولد .
لا يوجد تنميل فلقدرة غير الضمالة أثناء تشغيل التوازي	- محاولات التيار الموصلة مع الزجه B لا تعطى التيار اللازم لدائرة التعويض لمنظم الجهد ، - عمل قصير بين اطراف دائرة تعويض التوازي بواسطة ملحاح التشغيل المفرد . - ضغط غير مناسب لنقطة معايرة Droop	- استبدالها بأخرى لها نسبة تحويل مناسبة . - افصح الملحاح وضعه على وضع التوازي . - اعد الضبط
المولدات المتوازية غير قادرة على تقسيم القدرة غير الضمالة بالتساوي ووجود ليار غير فعال دوار بين المولدات يظهر في اختلاف معاملات قدرة المولدات المتوازية	- قطبية معكوسة لمولدات تيار دائرة التوازي للمنظم ، - محاولات التيار موصلة على وجه آخر غير الوجه B ، - محاولات التنازل لا تعطى التيار المطلوب لدائرة التوازي والذي يتراوح ما بين 3:5A - اختلاف معايير نقاط Droop لشبكات الجهد	- تحقق من صحة توصيل محولات تيار دائرة التوازي . - عدل وضع محول التيار . - استبدل محولات التيار بأخرى مناسبة . - اضبط نقاط Droop عند قيم متساوية .

٩ / ٤ - القياسات اللازمة عند اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد

يوجد عدة قياسات لازمة عند اكتشاف أعطال ومنظمات الجهد تتلخص في:

- قياسات الجهد .

- قياسات التيار .

- قياسات المقاومات .

- قياسات العزل .

٩ / ٤ / ١ - قياسات الجهد والتيار

أولاً : قياسات الجهد

فيما يلي أهم قياسات الجهد المطلوبة عند اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد :

١ - قياس جهد أطراف المولد ، وذلك عند مخارج قاطع المولد الرئيسي ومداخله وذلك باستخدام أقوميتير خارجي .

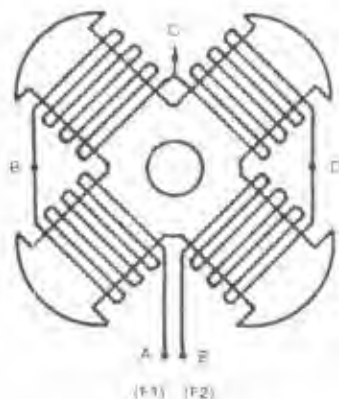
٢ - قياس جهد خرج منظم الجهد ، وذلك عند الأطراف F^- و F^+ المتصلة بملف مجال مولد الإثارة .

٣ - قياس جهد التغذية المرتدة لمنظم الجهد ، وذلك عند الأطراف المرتدة من خرج المولد الرئيسي ، وأحياناً تكون دائرة التغذية المرتدة أحادية الوجه أو ثلاثية الوجه .

٤ - قياس جهد أطراف القدرة الداخلة لمنظم الجهد ، ففي حالة المولدات ذات التغذية المتصلة، تكون أطراف القدرة الداخلة لمنظم الجهد هي خرج مولد PMG والذي يكون تردده (200 : 300 HZ)

٥ - فحص ملفات العضو الدوار الرئيسي ، وذلك بفك العضو الدوار الرئيسي ووضعها على قطعتين خشبيتين ، ويجب ألا يستخدم في ذلك متسدة معدنية لأنها قد تؤدي إلى إحداث قصر بين الأقطاب ، ثم يتم توصيل جهد 120V بين أطراف ملفات العضو الدوار الرئيسي F^- و F^+ ثم قياس الجهد بين طرفي كل قطب ،

والشكل (٩ - ١) يعرض عضو دوار بأربعة أقطاب، القطب الأول أطرافه D و C، والقطب الثاني أطرافه E و D، والقطب الثالث أطرافه A و B، والقطب الرابع أطرافه B و C.



الشكل (٩ - ١)

ويجب أن تكون قراءات الأقطاب متساوية مع اختلاف لا يتعدى ١V، فإذا لم يكن الجهد المشكل على الأقطاب الأربعة يساوى $(30V \pm 1V)$ فإن هذا يعنى أن العضو الدوار يحتاج لإعادة لف.

ثانياً: قياسات التيار

فيما يلي أهم قياسات التيار المطلوبة أثناء اكتشاف أعطال المولدات ومنظمات الجهد:

١ - قياس تيار حمل المولد ويتم ذلك باستخدام جهاز أميتر بكماشة.

ويجب التأكد من أن الكماشة تكون محيطة بكابلات كل وجه لأنه في بعض الأحيان يكون كل وجه للمولد مؤلف من عدة كابلات، وإذا لم تستطع عمل ذلك

يمكن وضع الكماشة حول كابل واحد، ثم تكرار ذلك على باقى كابلات الوجه، ثم جمع تيارات كابلات الوجه الواحد، للحصول على التيار الكلى المار في كل وجه.

والجدير بالذكر أن تيار الحمل الكامل يجب ألا يتعدى التيار الاسمى للمولد ولكنه في حالة واحدة يمكن أن يتعدى التيار الاسمى للمولد وذلك أثناء بدء المحركات الاستثنائية ذات القدرات العالية.

٢ - قياس تيار مجال الإثارة الموصول بالاطراف F^- و F^+ للمنظم ويحتاج ذلك لجهاز أميتر تيار مستمر، وعادة فإن التيار الأقصى لمجال الإثارة لا يتعدى 6.5A ، ويكون عند الحمل الكامل 3A ، ويمكن الرجوع للمواصفات الفنية للمولد لمعرفة التيار المثمن لمجال الإثارة بالضبط.

٩ / ٤ / ٢ - الفحوصات التي تحتاج لقياس المقاومات

يوجد العديد من الفحوصات التي تحتاج لإجراء قياس للمقاومات مثل :

١ - فحص ملفات العضو الثابت لمولد الإثارة، وذلك بقياس مقاومة هذه الملفات والتي تتراوح ما بين (24 Ω : 22 Ω) للمولدات القياسية. ويجب اختبار العزل بين هذه الملفات مع جسم المولد.

٢ - فحص ملفات العضو الدوار للمولد الرئيسى، والموصلة مع الموححدات الدوارة، وذلك بقياس مقاومة هذه الملفات بعد فصل الموححدات الدوارة عن ملف العضو الدوار مع مقارنة القراءة التي حصلت عليها مع القيم المدونة في دليل الخدمة والصيانة للمولد. ويجب اختبار العزل بين هذه الملفات مع جسم المولد.

٣ - فحص ملفات العضو الدوار لمولد الإثارة، وذلك بقياس مقاومة هذه الملفات بعد فصل الموححدات الدوارة مع المقارنة بين القيم التي حصلت عليها مع القيم المدونة في دليل الخدمة والصيانة للمولد، ويجب اختبار العزل بين هذه الملفات مع جسم المولد.

والجدول (٩ - ٢) يبين قيم مقاومات ملفات العضو الثابت الرئيسى Main stator ، والعضو الدوار الرئيسى Main rotor لطرازات مختلفة من المولدات المصنعة بشركة Marathon electric .

الشكل (٩ - ٢)

Base Model Low Voltage	Main stator(1)	Main Rotor
431RSL4005	.0855	.153
431RSL4007	.0648	.173
432RSL4009	.0418	.190
432RSL4011	.0410	.186
432RSL4013	.0370	.189
432RSL4015	.0260	.225
432RSL4017	.0240	.226
433RSL4019	.0140	.286
433RSL4021	.0137	.297
572RSL4024	.0132	.376
572RSL4027	.0126	.398
572RSL4028	.0092	.423
572RSL4030	.0089	.426
573RSL4032	.0074	.472
573RSL4034	.0059	.507
574RSL4036	.0049	.584
574RSL4038	.0048	.601
741RSL4042	.0045	.677
741RSL4044	.0039	.708
742RSL4046	.0036	.748
742RSL4048	.0030	.776
743RSL4050	.0023	.889
743RSL4052	.0018	.979
744RSL4054	.0015	1.100
744RSL4060	.0026	.892
744RSL4062	.0018	1.044

والجدول (٩ - ٣) يبين قيم مقاومات العضو الثابت للمثير Exiter stator (Field)، ومقاومات ملفات العضو الدوار للمثير Exiter rotor، ومقاومات العضو

الشكل (٩ - ٣)

LOW Voltage	Exciter Stator (Field)	Exciter (Armature)	PMG Stator
430 Frames	22.5	0.022	2.1
570 Frames	23.0	0.045	2.1
741 Frames	22.0	0.043	2.1
742 Frames	22.0	0.043	2.1
743 Frames	22.0	0.043	2.1
744 Frames	22.1	0.048	2.1

الثابت للمولد ذات المغناطيسية الدائمة PMG لظرازات مختلفة لمولدات الجهد المنخفض Lowvoltage المصنعة بشركة Marathon Electric .

٤ - فحص الموحدات باستخدام الآفوميتر، وذلك بفك سلك التوصيل المثبت بهراغي من أحد الموحدات، ثم قياس المقاومة بين سلك التوصيل المفصول وقاعدة الموحد، وسجل القراءة، ثم أعكس أطراف الآفوميتر وسجل القراءة وكرر القياس لباقي الموحدات فإذا كانت إحدى القراءتين صغيرة والآخرى كبيرة فإن هذا يعنى أن الموحد جيد، أما غير ذلك فيعنى أن الموحد تالف ويحتاج لاستبدال .

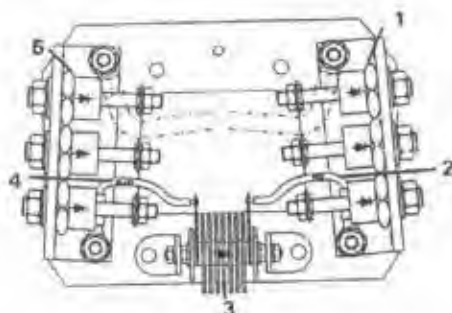
والجدير بالذكر أن اختبار الموحدات بالآفوميتر يحتاج لآفوميتر له بطارية جهدها أكبر من 0.6V ، علماً بأن جهد أطراف الآفوميتر يتغير بتغير مدي القياس ، كما أن قطبية البطارية الداخلية للآفوميتر لا تطابق قطبية أطراف التوصيل للآفوميتر ، ويجب أخذ هذه الملاحظات في الحسبان .

٥ - فحص مخمد قفزات الجهد وذلك بفصل أحد سلكي التوصيل الخاصة بهذا المخمد وباستخدام آفوميتر قس مقاومة هذا المخمد، ثم سجل قراءة الآفوميتر وكرر القياس ولكن بعد عكس أطراف الآفوميتر، فإذا كانت قراءة الآفوميتر كبيرة في الاتجاهين فإن هذا يعنى أن المخمد سليم والعكس بالعكس .

والشكل (٩ - ٢) يعرض لوحة تجميع الموحدات ومخمد قفزات الجهد لمولد من صناعة شركة Marathon CO .

حيث إن :

- 1 موحد له قطبية قياسية
- 2 أطراف توصيل حمراء
- 3 مخمد القفزات
- 4 أطراف توصيل سوداء
- 5 موحد له قطبية معكوسة

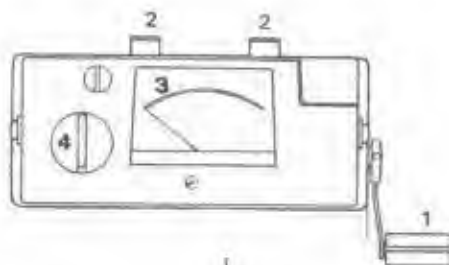


الشكل (٩ - ٢)

٩/٤/٣ - قياسات العزل

عادة فإن مقاومات العزل للملفات المولدة تنخفض بمرور الوقت نتيجة لتراكم الانزيمات والقاذورات والزيوت والشحوم والرطوبة... إلخ وانخفاض عزل الملفات يؤدي إلى تلفها، وإنهيارها. وفي كثير من الأحيان فإن انخفاض عزل الملفات ينتج نتيجة لتجمع الرطوبة عند إيقاف المولد لمدة طويلة، ويمكن بسهولة التخلص من رطوبة الملفات بتجفيفها (ارجع للفقرة ٩-٢-٣). وعادة يستخدم جهاز الميجر في فحص العزل وجهد جهاز الميجر المستخدم في قياس مقاومات العزل، يكون عادة 500V عدا أن جهد الميجر المستخدم في فحص عزل مولدات الجهد المتوسط (2400:4160V) قد يتعدى هذه القيمة، ويجب فصل جميع الأجهزة الالكترونية مثل منظمات الجهد AVR، والمروحدات ومخمدات قفزات الجهد وريليات الوقاية... إلخ أثناء اختبارات العزل حتى لا تتلف.

والشكل (٩ - ٣) يعرض المسقط الأفقي لميجر (الشكل ١) وتدرج القياس للميجر (الشكل ب).



الشكل (٩ - ٣)

حيث إن :

- 1 ذراع تشغيل الميكر
- 2 أطراف توصيل الميكر
- 3 تدريج القياس
- 4 مفتاح اختيار تدريج القياس I و II

أولاً : اختبار مقاومة عزل العضو الثابت الرئيسي :

ولاختبار عزل العضو الثابت الرئيسي للمولد يتم عمل قصر بين جميع أطراف ملفات المولد وتوصيلها مع نقطة النجم المعزولة عن الأرض، ثم يتم توصيل الطرف الموجب للميكر بنقطة النجم، والطرف السالب بجسم المولد ثم تدار يد الميكر، وتسجل مقاومة عزل ملفات العضو الثابت، ويجب أن تكون مقاومة العزل R_i لا تقل عن

$$R_i = \frac{V}{1000} + 1 (M\Omega) \longrightarrow 2.1$$

حيث إن :

R_i مقاومة العزل جهد الخط للمولد V

فمثلاً : إذا كان جهد الخط يساوى 380V ، فإن مقاومة العزل الصغرى تساوى :

$$R_i = \frac{380}{1000} + 1 = 1.38M\Omega$$

فإذا كانت مقاومة العزل أقل من 1.38MΩ ، فإن هذا يعنى أن الملفات تحتاج لتجفيف .

ثانياً : اختبار مقاومة عزل العضو الدوار الرئيسى

لاختبار مقاومة عزل العضو الدوار الرئيسى ، يجب فصل أطراف ملف العضو الدوار الرئيسى من الموحداث الدوارة ، ثم يعمل قصر بين طرفى ملف العضو الدوار ، ثم وصل الطرف الموجب للميجر بالنقطة المشتركة للعضو الدوار والقطب السالب يتم توصيله مع جسم المولد وتدار يد الميجر ، فإذا كانت مقاومة العزل أكبر من 1.5MΩ فإن هذا يعنى سلامة العضو الدوار ، أما إذا كانت مقاومة العزل أقل من 1.5MΩ ، فإن هذا يعنى أن ملفات العضو الدوار تحتاج لتجفيف أو إصلاح .

ثالثاً : اختبار مقاومة عزل العضو الثابت لمولد الإثارة

يتم فصل أطراف ملف العضو الثابت لمولد الإثارة من منظم الجهد F^+ و F^- ، ثم يقصر طرفى ملف العضو الثابت لمولد الإثارة معاً وتوصل مع الطرف الموجب للميجر ويوصل الطرف السالب للميجر مع جسم المولد فإذا كانت قراءة العزل أقل من 1.5MΩ ، فإن هذا يعنى أن الملفات تحتاج لتجفيف أو إصلاح .

رابعاً : اختبار مقاومة عزل العضو الدوار لمولد الإثارة

افصل الأطراف الستة للعضو الدوار لمولد الإثارة من الموحداث الدوارة ، ثم أقصر

الأطراف الستة معاً، ووصلهم مع الطرف الموجب للميجر، ووصل الطرف السالب للميجر مع جسم المولد، فإذا كانت مقاومة العزل أقل من $1.5M\Omega$ ، فإن هذا يعنى أن الملفات تحتاج لتجفيف أو إصلاح.

٥/٩ - اكتشاف أعطال حاكمات السرعة وإصلاحها

الجدول (٩ - ٤) يبين الأعطال المختلفة لحاكمات السرعة وأسبابها وطرق إصلاحها.

الجدول (٩ - ٤)

المعطّل	أسباب المعطّل المتوقعة	طرق إصلاح المعطّل
حاكم السرعة غير قادر على العمل تماماً وبمظلل ذراع عنصر الفعل على أدنى وضع له حتى بعد وصول القدرة الكهربائية للحاكم	- انخفاض جهد البطارية الواصلة بدائرة قدرة منظم السرعة أو انعكاس أطراف البطارية. - تلف المقاومة المتغيرة المستخدمة في اختيار السرعة المقننة. - ضعف جهد الإشارة القادمة من مجس السرعة أو عدمها.	- اختبر جهد البطارية الكهربائية وتأكد من صحة الوصلات الكهربائية. - تأكد من عدم وجود قصر أو فتح بالمقاومة المتغيرة. - اختبر هذه الإشارة باستخدام أوميتر له مقاومة داخلية أكبر من $500\Omega/V$ واستبدل مجس السرعة إذا كان ملفه به قصر أو مفتوح.
- تلف عنصر الفعل الكهربى ومغناطيسى.	- تلف منظم السرعة.	- اختبر مقاومة ملف عنصر الفعل الكهربى ومغناطيسى واستبدله إذا كان به قصر أو مفتوح. - استبدل منظم السرعة.
- مشكلة بالوصلة الميكانيكية بين عنصر الفعل ومضخة الحقن.	- شغل مضخة الحقن يدوياً للتأكد من عدم التصاق الوصلة الميكانيكية	

العتل	أسباب العتل المتوقعة	طرق إصلاح العتل
عنصر الفعل يصل إلى أقصى مشوار له مجرد وصول التيار الكهربى له وذلك فى حالة عدم تشغيل الماكينة.	- مشكلة فى توصيل مجرى السرعة. - مشكلة فى توصيل عنصر الفعل. - تلف منظم السرعة. - مشكلة فى عنصر الفعل الكهرومغناطيسى.	- تأكد من أن توصيل مجرى السرعة يطابق محفوظ التوصيل المعد من قبل الشركة المصنعة. - تحقق من توصيل عنصر الفعل. - استبدله. - اختبر مقاومة ملف عنصر الفعل واستبدله إذا كان به قصر أو فتح.
عدم إمكانية تغيير السرعة بواسطة المقاومة المتغيرة الموصلة بمنظم السرعة.	- فتح أو قصر بالمقاومة المتغيرة. - مشكلة فى توصيل المقاومة المتغيرة. - استخدام كابل غير مدرج Shiel فى توصيل المقاومة المتغيرة.	- فحص المقاومة المتغيرة بالأقوسير وتأكد من عدم وجود فتح أو قصر بها واستبدلها عند الضرورة. - تحقق من صحة التوصيل. - استخدم كابل مدرج.
خلل فى أداء حاجم السرعة.	- انقطاع مصدر القدرة. - انخفاض جهد البطارية عن 21% من الجهد المقت. - وجود تداخلات راديو لعدم التوصيل الجيد للكابلات.	- راجع فترق الجهد بين أطراف تعدية المنظم وتأكد من وجوده. - راجع قيمة جهد مصدر تغذية المنظم. - تأكد من أحكام الوصلات.
الماكينة لا تبدأ ويقوم عنصر الفعل بالوصول إلى أقصى مشوار	- عدم وجود وقود. - وجود هواء فى دورة الوقود.	- تأكد من أن خزان الوقود غير فارغ. - استشرط الهواء الموجود فى دورة الوقود.

العتل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
له عند البدء .	- توصيل غير صحيح للدائرة الفصل الأتوماتيكي .	راجع التوصيل .
الانخفاض سرعة الماكينة .	- وجود مشكلة بالوصلة الميكانيكية بين عنصر الفعل وعضلة الحقن . مشكلة بعنصر الفعل . مشكلة بمنظم السرعة .	- شغل مضخة الحقن يدوياً للتأكد من عدم التصاق الوصلة الميكانيكية . اختبره واستبدله عند اللزوم . استبدله .

٩ / ٦ - اكتشاف وإصلاح أعطال جهاز التزامن الأتوماتيكي

الجدول (٩ - ٥) يبين أعطال التزامن بين المولدات وأسبابها وطرق إصلاحها .

الجدول (٩ - ٥)

العتل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
جهاز التزامن غير قاسم على تصحيح التردد .	- عدم توصيل إشارة جهد المولد أو قضية التزامن مع جهاز التزامن اختلاف تردد المولد الداخل عن تردد قضيب التزامن بقيمة تتعدى ± 3Hz .	- تحقق من التوصيل - عدل تردد المولد الداخل بواسطة المقاومة المتغيرة لمنظم السرعة
عدم استقرار التردد .	- توصيل غير صحيح بين جهاز التزامن ومنظم السرعة عدم تاريظ منطقة تدوير كاملا التوصيل بين جهاز التزامن ومنظم السرعة يوجد مشكلة بمنظم السرعة .	- تحقق من التوصيل - تحقق من تاريظ منطقة التدوير - ارجع للجدول ٩-٤

العطل	أصباغ العطل المتوقع	طرق إصلاح العطل
جهاز التزامن يعطى إشارة تزامن ولكن المقاطع الرئيسي أو الكونتكتور الرئيسي للمولد لا يخلق	- توصيل غير صحيح لريش التزامن لجهاز التزامن.	- تحقق من توصيل ريش التزامن.
جهاز التزامن لا يعطى إشارة تزامن.	- عدم تساوى جهد المولد وجهد قضيب التزامن.	- صحح جهد المولد باستخدام المقاومة المتغيرة لتنظم جهد المولد
يحدث تزامن عند اختلاف وجهى 180° مما يؤدي لفصل المقاطع.	- انعكاس وصلات جهد المولد أو وصلات قضيب التزامن مع جهاز التزامن.	- تحقق من صحة التوصيل.
تردد المولد الداخلى عال أو منخفض.	- توصيل غير صحيح بين جهاز التزامن ومنظم السرعة. - انعكاس وصلات قضيب التزامن ووصلات المولد مع جهاز التزامن.	- صحح التوصيل
يحدث غلق للمقاطع عند اختلاف وجهى أكثر بكثير من 0°	- خلل فى ضبط نقطة معايرة اختلاف الوجه الموجودة بجهاز التزامن.	- تحقق من ضبط نقطة معايرة اختلاف الوجه Breaker closing angle

ولفحص جهاز التزامن يجب فك جهاز التزامن والتأكد من عدم وجود عناصر محترقة وعدم وجود كسر لبعض العناصر أو بعض المسارات في الدائرة المطبوعة وعدم وجود نقاط لحام مفكوكة . وللاختبار السريع لجهاز التزامن يتم توصيل أطراف

BUS وأطراف GEN لجهاز التزامن مع مصدر جهد واحد والتأكد من غلق ريشة التزامن (التي تعمل علي تشغيل قاطع المولد الداخل) .

٩ / ٧ - اكتشاف وإصلاح أعطال مقسمات الأحمال

الجدول (٩ - ٦) يبين أعطال مقسمات الأحمال وأسبابها وطرق إصلاحها.

الجدول (٩ - ٦)

العطل	أسباب العطل المتوقعة	طرق إصلاح العطل
تدور للماكينة بسرعة منخفضة أو عالية ولا يمكن تغيير السرعة باستخدام المقاومة المتغيرة لتنظيم السرعة.	- وجود فتح في التوصيلات بين مقسم الأحمال ومنظم السرعة. - تلف المقاومة المتغيرة لتنظيم السرعة.	- تحقق من التوصيل . - استبدال المقاومة المتغيرة لتنظيم السرعة.
لا يتم تقسيم الأحمال بالتساوي بين المولدات .	- ضبط غير جيد لكسب الجهد Voltage Gain - تقسيم الأحمال كل مولد .	- يتم ضبط مقسم أحمال كل مولد على حدة وذلك بتحميل المولد بمروره وضبط كسب الجهد .
- مقسم الأحمال لا يقسم الأحمال بالتساوي فيوجد مولد يرفع اى حمل وآخر يحمل بكل الحمل	- عدم ضبط Droop لمقسمات الأحمال أو ضبط غير متساو لدروپ Droop	- اضبط Droop لجميع مقسمات الأحمال عند نفس القيمة .
- عدم توصيل خطوط التساوي بين مقسمات الأحمال أو تبديلها	- انعكاس أحد إشارات الجهد الخارجة من محولات الجهد أو انعكاس إشارات التيار الخارجة من محولات التيار .	- تحقق من الوصلات . - تحقق من الوصلات .
عدم استقرار توزيع الأحمال على المولدات	- ضبط غير دقيق لنقطة معايرة الاستقرار Stability لمقسم الأحمال .	- أعد ضبط استقرار مقسم الأحمال .

وعادة تزود مقسمات الأحمال بنقطة اختيار يمكن من خلالها معرفة انعكاس إشارات الجهد أو التيار وذلك من خلال قياس جهد هذه النقاط .

٨ / ٩ - الصيانة الوقائية لماكينات الديزل

مستأول في هذه الفقرة بنود الصيانة الوقائية التي يتم إجرائها على العناصر المختلفة في ماكينات الديزل :

١ - الزيت : يجب فحص مستوى الزيت والماكينة متوقفة والتأكد من أن مستوى الزيت يقع بين المستوى الأدنى Low والمستوى الأعلى Max ويستبدل زيت الماكينة بعد الفترة الزمنية المحددة أو عدد ساعات التشغيل المحددة من قبل الشركة المصنعة .

٢ - خزان الوقود : يجب المحافظة على خزان الوقود في حالة امتلاء مع فتح الخرج الموجود أسفل خزان الوقود كل 500 ساعة تشغيل ، لتصريف الماء أو الرواسب .

٣ - خطوط الوقود : افحص بالنظر خطوط الوقود للتأكد من عدم وجود تسربات ، والتأكد من عدم وجود وقود متجمع تحت خزان الوقود ، أو تحت ماكينة الديزل .

٤ - نظام التبريد : افحص مستوى ماء التبريد يومياً وحافظ عليه قريباً من أعلى المشع (الراديتور) ، وتحقق من عدم وجود تسربات في نظام التبريد ، كما يجب تفريغ دورة التبريد من الماء كل 1000 ساعة تشغيل ، وتنظف دورة التبريد بماء طازج ، ثم يعاد ملئ دورة التبريد بماء عذب مع إضافة مائع الصدأ . علماً بأن مائع الصدأ يزيد الفترة اللازمة لاستبدال ماء التبريد ؛ لتصبح مرة في فصل الربيع ، ومرة في الخريف فقط .

ويجب فحص جميع خراطيم نظام التبريد ؛ مرة على الأقل كل 700 ساعة تشغيل ؛ لمعرفة ما إذا كان هناك دلائل تلف للخراطيم ، واستبدال التالف منها .

٥ - الشاحن التوربيني : يجب فحص محاور ارتكاز ومواسير سحب ومواسير غادم الشاحن التوربيني ؛ للتأكد من عدم وجود تسربات ، ثم يجب فحص خطوط دخول وخروج الزيت والتأكد من عدم وجود تسربات زيت ، كما يجب مراقبة الشاحن التوربيني أثناء دوران ماكينة الديزل للتأكد من عدم وجود اهتزازات عنيفة في الشاحن التوربيني أما في حالة وجود اهتزازات عنيفة في الشاحن ، فيجب فك الشاحن التوربيني وإصلاحه .

٦ - البطارية: يجب فحص الكثافة النوعية لمحلول البطارية في كل خلية من خلايا البطارية كل شهر باستخدام جهاز الهيدروميتر ليكون مساوياً 1.25 ويجب اخفاضة على مستوى المحلول أعلى الألواح بحوالي 1cm وذلك بتزويد الخلايا المختلفة للبطارية بالماء المقطر.

٧ - سيور نقل الحركة: يجب التأكد من أن سيور نقل الحركة من عمود المرفق إلى مضخة الماء ومولد الشحن ليست مرتخية، وكذلك ليست مشدودة. فزيادة شد السيور يعثر بكراسى المحور، وارتخاء السيور يجعلها تنزلق. ويجب تعديل درجة شد السيور بحيث إذا دفع السير بالإبهام من نقطة في منتصف المسافة بين البطارتين، فإن السير ينخفض بمقدار (6/18mm).

٨ - الفلاتر المختلفة: يجب تغيير فلتر الزيت كل 500 ساعة.

والجدير بالذكر أن ضغط الزيت ينخفض عند امتصاص فلتر الزيت، ويكون ضغط الزيت الطبيعي مساوياً (70:75PSI)، وذلك فى الماكينات غير المزودة بشاحن توربينى، فى حين يساوى (50:70PSI) فى الماكينات المزودة بشاحن توربينى. وعند انخفاض ضغط الزيت عن هذه القيم يجب تغيير مرشح الزيت.

أما مرشح الوقود فيجب تغييره كل 300 ساعة تشغيل، فى حين أن مرشح الماء فى حالة وجوده يجب تغييره كل 500 ساعة تشغيل.

٩ - مولد شحن البطارية: يجب تنظيف حلقات الزلاق المولد بقطعة قماش ناعمة ولا يستخدم فى ذلك ورق الصنفرة. ويجب تغيير الفرش الكربونية فى حالة قصرها، وكذلك يجب تغيير حلقات الانزلاق عندما تصبح خشنة أو غير كاملة الاستدارة.

٩ / ٩ - أعطال ماكينات الديزل الرباعية الأشواط وأسبابها وطرق إصلاحها

الجدول (٩ - ٧) يبين أعطال ماكينات الديزل الرباعية الأشواط وأسبابها وطرق إصلاحها.

الجدول (٩ - ٧)

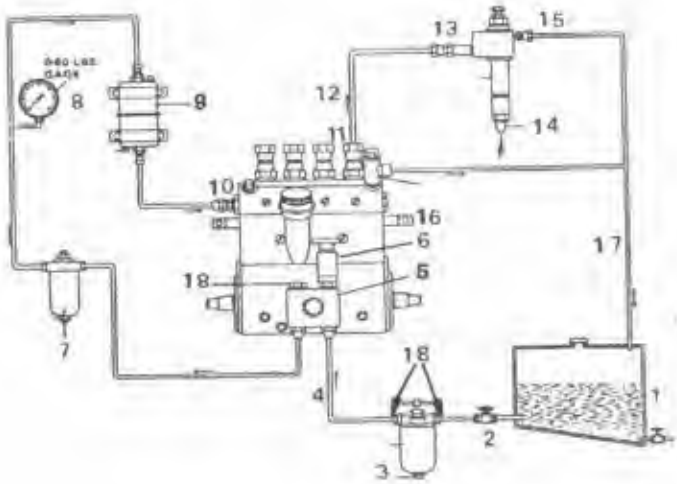
العلل	الأسباب المحتملة للعلل	طريقة إصلاح العطل
عديم دوران حاكمية الدبريل عند بدء التشغيل	- خزان الوقود فارغ . - مضخة الوقود لا تغذي بالوقود لوجود هواء في مضخة الحقن . - وجود انسداد في ماسورة الوقود أو مرشح الوقود . - ضغط الوقود الخارج من الرشاشات منخفض . - مشكلة مضخة الحقن . - شمعات التسخين لا تعمل . - تلف ترس البيسون المثبت على محرك بدء الحركة الكهربى . - بطارية فارغة أو في حالة سيئة .	- يعاد ملئ خزان الوقود والتخلص من الهواء الموجود في دورة الحقن . - التخلص من الهواء للوجوه في مجموعة الحقن . - نظف الماسورة المسدودة واستبدل مرشح الوقود بأخر جديد . - استبدل الرشاشات أو يتم إصلاحها . - إصلاح مضخة الحقن . - استبدل الشمعات التالفة . - استبدل ترس البيسون . - إعادة الشحن أو استبدالها إذا لزم الأمر . - يحتاج لإصلاح أو استبدال . - استبدال كمراسي المحور التالفة . - إعادة لفه أو استبداله .
انخفاض أداء حاكمية الدبريل	- ضغط حائطية لكمية الوقود المحقون من مضخة الحقن . - وجود هواء في دورة الوقود . - انسداد مرشح الهواء . - انسداد منافذ الرشاشات .	- إعادة ضبط مضخة الحقن . - التخلص من الهواء الموجودة في دورة الوقود . - ينظف مرشح الهواء ويغير عنصر الترشيح إذا لزم الأمر . - تنظيف منافذ الرشاشات .
وجود دخان أسود كثيف في العادم	- هواء غير كاف . - يوجد ضغط خلقي في خط العادم . - ضغط الرشاشات منخفض أو انتهى فترة الرشاش عالقة .	- نظف مرشح الهواء . - تنظيف خط العادم وتخليقه . - إعادة ضبط ضغط الرشاشات .

المعطّل	الأسباب المتوقعة للمعطّل	طريقة إصلاح العطل
عدم النظام دوران الماكينة.	- توقفت غير جيد لمضخة الحقن. - فتحات الرشاشات مسدودة بوقود متفحم.	- إعادة ضبط مضخة الحقن. - نظف الرشاشات.
	- انسداد مرشح الوقود. - لا تعمل مضخة التغذية بشكل صحيح. - وجود هواء في دورة الوقود. - مواسير الضغط العالي بها تسرب أو مكسورة. - مشكلة بمضخة الحقن.	- يستبدل مرشح الوقود. - نظف المضخة أو استبدلها. - تخلص من الهواء الموجود في دورة الوقود. - عيّناد ريمط الوصلات المتلفة وتغيير المواسير التالفة. - إصلاح المضخة.

٩ / ٩ / ١ - استنزاف الهواء الموجود في دورة الوقود

في حالة دخول بعض الهواء إلى مضخة الحقن المتتالية، فإنه يتم انضغاطه عند تحرك مكابس المضخة إلى أعلى، وبذلك يتوقف حقن الوقود، لذلك يجب التخلص من الهواء الموجود في مجموعة الحقن، وذلك في الحالات التالية:

- ١ - عند تشغيل مضخة الحقن لأول مرة.
 - ٢ - عند فك مضخة الحقن لإجراء صيانة بها أو في أي خط من خطوط تغذية المضخة أو أي خط من خطوط الضغط العالي المتصلة بالرشاشات.
 - ٣ - عند خلو خزان الوقود تماماً من الوقود.
 - ٤ - عند وجود رباط غير جيد في أحد لواكيز دورة الوقود.
- والشكل (٩ - ٤) يعرض أجزاء دورة الوقود لمحرك ديزل بأربع أسطوانات.



الشكل (٩ - ٤)

حيث إن :

1	خزان الوقود	10	لاكور دخول الوقود لمضخة الحقن
2	محس يدوي	11	لاكور خروج الوقود للرشاش
3	مرشح ابتدائي للوقود	12	خط الضغط العالي
4	خط السحب بمضخة الحقن	13	لاكور دخل الرشاش
5	مضخة إمداد الوقود	14	نفس الرشاش
6	مضخة التحضير اليدوية	15	لاكور خرج الرشاش
7	مرشح ثانوي للوقود	16	صمام الفائض من الوقود
8	عداد قياس ضغط الوقود	17	خط عودة الوقود الفائض للخرزان
9	مرشح المرحلة الأخيرة للوقود	18	لواكبر وقود

وفيما يلي الخطوات المتبعة للتخلص من الهواء الموجود في دورة الحقن:

- ١ - يفتك رباط لأكور خرج المرشح الثانوي 7، ويتم تشغيل مضخة التحضير البدوية (6) حتى يصبح الوقود الخارج من فتحة الاستنزاف خال من الفقاعات الهوائية. ثم بعد ذلك يعاد ربط لأكور خرج المرشح الثانوي 7 بإحكام.
- ٢ - يفتك رباط لأكور دخول الوقود لمضخة الحقن 10، ويكرر ماتم في الخطوة 1.
- ٣ - يفتك رباط لأكور خروج الوقود للمرشاش الأخير 11، مع إدارة الماكينة بواسطة محرك البدء للتخلص من الهواء المتبقي في دورة الوقود، حتى يصبح الوقود الخارج من اللاكور 11 خالياً من الفقاعات، ثم يعاد ربط اللاكور 11.

الباب العاشر

الحسابات اللازمة لاختيار المولد

الحسابات اللازمة لاختيار المولد

١٠/١ - مقدمة

تُحسب قدرة المولد اللازم تبعاً لمجموع الأحمال الكهربائية الحالية بالإضافة إلى النمو المستقبلي في الأحمال والذي يأخذ عادة ما بين (15:20%). وفيما يلي العلاقة بين القدرة الفعالة والقدرة الظاهرية للمولد.

$$PG = 0.8SG \rightarrow 10.1$$

حيث إن:

SG القدرة الظاهرية للمولد بوحدة KVA

PG القدرة الفعالة للمولد بوحدة KW

وهناك اختياران لتردد المولد وهما 50HZ أو 60HZ.

أما جهد المولد فيمكن أن يكون منخفضاً ويراوح ما بين 660V: 10k ويمكن الحصول على الجهد المطلوب، عن طريق اختيار طريقة توصيل ملفات المولد الرئيسي (ارجع للفقرة ١-٥). وهناك جهد متوسط ويراوح ما بين (2400: 6600V). وتتواجد المولدات بستة أقسام للعزل تبعاً لدرجة الحرارة القصوى التي يتحملها المولد وعادة فإن عمر العزل المتوقع عند التشغيل المستمر للمولد يساوى 100 000 ساعة تشغيل.

والمجدول (١٠ - ١) يعطى درجات الحرارة القصوى لأنواع مختلفة من العزل.

المجدول (١٠ - ١)

قسم العزل	A	E	B	F	H
درجة الحرارة القصوى (C°)	60	75	80	105	125

١٠ / ٢ - العوامل المؤثرة على مقنن المولد

١ - درجة الحرارة المحيطة:

إن درجة الحرارة المقبولة عملياً هي 40°C ، وعند زيادة درجة الحرارة عن هذه القيمة، فإن حمل المولد يجب تقليله بنسب تختلف تبعاً لمقدار الزيادة في درجة الحرارة المحيطة، والجدول (١٠ - ٢) يعطى قيم معامل تخفيض الاحمال عند درجات حرارة مختلفة.

الجدول (١٠ - ٢)

درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$	40	45	50	55	60
معامل التخفيض F_1	1	0.97	0.94	0.91	0.88

٢ - الارتفاع عن سطح البحر:

كلما ازداد ارتفاع مكان المولد عن سطح البحر، فإن كثافة الهواء الجوى تصبح غير كافية لتبريد المولد، لذلك فإن احمال المولد يجب تقليلها كلما ارتفعنا عن سطح البحر. والجدول (١٠ - ٣) يعطى معامل تخفيض احمال المولد تبعاً لارتفاع مستوى المولد عن سطح البحر.

الجدول (١٠ - ٣)

الارتفاع عن سطح البحر (m)	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
معامل التخفيض F_2	1	0.988	0.976	0.964	0.952	0.94	0.928	0.916	0.904	0.892	0.88

٣ - معامل القدرة:

إن المولدات التزامنية مصممة للعمل عند معامل قدرة 0.8، وقد يتغير معامل

القدرة نتيجة لطبيعة الاحمال . فاحمال الإضاءة والتسخين ودوائر التوحيد يكون لها معامل قدرة قريب من ١ ، أما احمال المحركات فإن لها معامل قدرة ، تختلف باختلاف قدرة المحرك وحجمه ، وعادة فإن المولدات يمكن أن تعمل عند قدراتها المقننة ، إذا كان معامل قدرة الحمل يتراوح ما بين (٠.8 : ١) متأخر ، أما إذا اختلف معامل القدرة عن هذه القيمة ، فإنه يجب استخدام معامل تخفيض معامل القدرة لتقليل من قدرة احمال المولد .

والجدول (١٠ - ٤) يعطى معامل تخفيض معامل القدرة لقيم مختلفة من معاملات القدرة .

الجدول (١٠ - ٤)

معامل القدرة	١	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
معامل التخفيض F_d	١	١	١	0.95	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84

١٠ / ٣ - اختيار مقنن المولد تبعاً للأحمال

يوجد عاملان يؤثران على اختيار مقنن المولد تبعاً للأحمال وهما :

١ - الاحمال المستقرة .

٢ - الاحمال التي لها خواص عابرة .

١٠ / ٣ / ١ - الاحمال المستقرة

أولاً : الاحمال الثلاثية الوجه المتزنة

عادة يتم جمع قدرات الاحمال الثلاثية الوجة والمستقرة معاً للحصول على القدرة الكلية لهذه الاحمال ؛ وبما يلى بعض المعادلات التي تستخدم في هذا الغرض :

$$GP = \sum_{i=1}^n P_i \quad (KW) \rightarrow 10.2$$

$$P = \frac{\sqrt{3} VI}{1000} \cos \phi \quad (KW) \rightarrow 10.3$$

حيث إن :

I	تيار الخط	GP	قدرة المولد
cos φ	معامل القدرة	P _i	قدرة الحمل (i)
		V	جهد الخط

ثانياً: الأحمال الثلاثة الوجه غير المتزنة

عادة فإن الأحمال الأحادية الوجه عند توزيعها على الأوجه الثلاثة للمولد قد ينشأ عنها حمل ثلاثي الأوجه غير متزن، بمعنى أن بعض الأوجه تكون محملة عن الأوجه الأخرى؛ لذلك يجب تحرى الدقة في توزيع الأحمال الأحادية الوجه على الأوجه الثلاثة للمولد.

١٠ / ٣ / ٢ - الأحمال التي لها خواص عابرة

إن أهم الأحمال التي لها خواص عابرة هي المحركات الكهربائية الحثية؛ حيث يرتفع تيار بدء هذه المحركات لتقيم تصل إلى ست مرات من التيار المقنن لها. ونتيجة لذلك ينخفض جهد أطراف المولد التزامني بمعدل يعادل 40% من الجهد المقنن، الأمر الذي يؤثر على باقى الأحمال، مثل: أحمال الإضاءة فقد تنخفض شدة الإضاءة أو تنطفئ، وكذلك قد تتوقف باقى المحركات لأن جهد أطرافها أصبح غير كافٍ، وكذلك يمكن أن تفصل الكونتاكتورات الموجودة في دوائر التحكم للعمليات الصناعية؛ لأن جهد ملفاتها انخفض بمعدل يفقد الكونتاكتور قوة الإبقاء الذاتي. وكذلك فإن ريليهات انخفاض الجهد قد تعمل، وعادة فإن الانخفاض في الجهد المسموح به لحظة بدء المحركات الحثية على أطراف المولدات يجب ألا يزيد عن 30%.

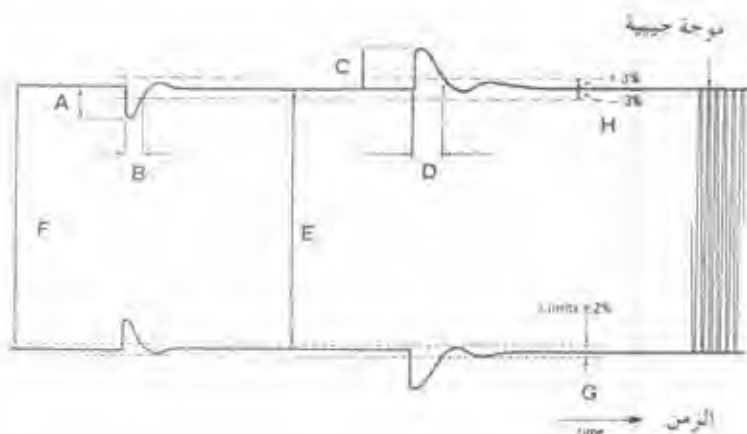
والجدير بالذكر أن منظمات الجهد AVR's الحديثة تساعد على عدم تجاوز زمن الانخفاض في الجهد للمولد عن (0.1S)، حيث تعمل على رفع تيار مجال المولد في

هذه اللحظات لتقسم تصل إلى ثلاث مرات من التيار المقتن لجمال المولد التزامنى ويسمى هذا النوع فى التحكم فى الجهد بالجمال القصرى Field forcing، الأمر الذى يتيح إعادة الجهد على أطراف المولد إلى القيمة المقتنة بأسرع ما يمكن . وهناك عدة طرق للحد من انخفاض الجهد على أطراف المولدات التزامنية على سبيل المثال تتابع بدء المحركات الاستنتاجية، وعدم بدئها فى لحظة واحدة، وبهذه الطريقة يمكن استخدام مولد له مقنن منخفض . وكذلك بدء المحركات الاستنتاجية ذات القدرات العالية إما نجما / دلتا (Δ / Y) أو بمحول ذاتى له نسبة تخفيض فى الجهد تساوى 80% من الجهد المقتن أو 65% من الجهد المقتن . وبخصوص الاحمال التى لها عزم قصور ذاتى كبير فإنه يجب التأكد من صحة الحسابات قبل اخذ القرار بتقليل حجم المولد المطلوب .

والشكل (١٠ - ١) يوضح شكل موجات المولد التزامنى عند بدء المحركات الاستنتاجية، وكذلك عند خروج بعض احمال المولد .

حيث إن:

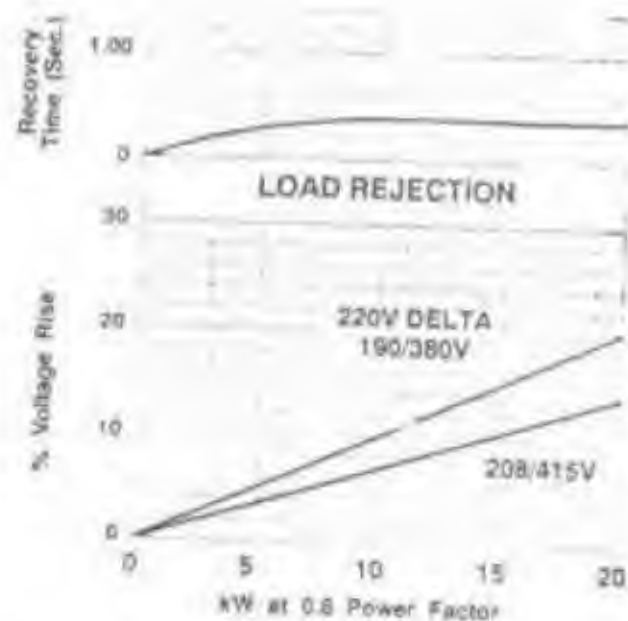
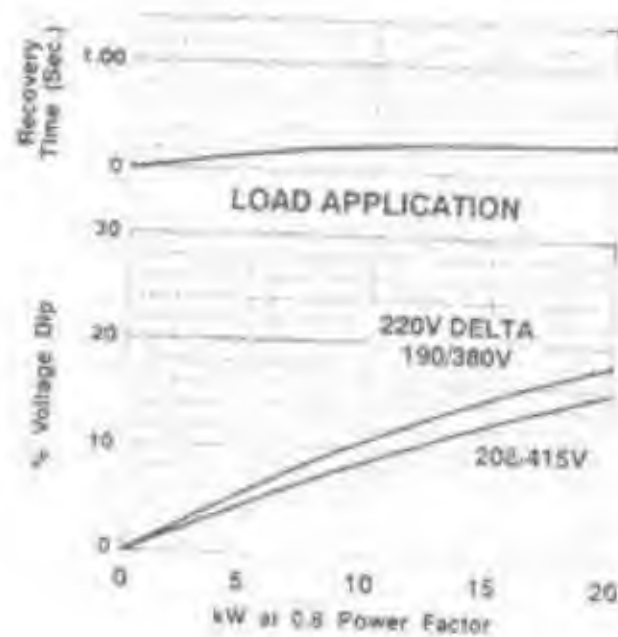
- A الانخفاض العابر للجهد عند بدء بعض الاحمال العابرة
- B زمن عودة الجهد للقيمة المقتنة بعد زيادة الاحمال بتفاوت $\pm 3\%$
- C الارتفاع العابر للجهد عند خروج بعض الاحمال
- D زمن عودة الجهد للقيمة المقتنة بعد خروج الاحمال بتفاوت $\pm 3\%$
- E قيمة الجهد عند الاستقرار بحمل من القمة العلوية للسفلية
- F قيمة الجهد عند الاستقرار بدون حمل من القمة العلوية للقمة السفلية
- G حدود تنظيم الجهد عند الاستقرار $\pm 2\%$
- H قيمة الجهد بعد انتهاء زمن العبور B أو D



الشكل (١٠ - ١)

علماً بأن كلاً من الانخفاض العابر للجهد (V_d) والارتفاع العابر للجهد V_r يعطى كنسبة مئوية من الجهد المقنن.

والشكل (١٠ - ٢) يعرض منحنى انخفاض الجهد مع الزمن V_d Voltage dip، وزمن العودة (Recovery time (sec) الشكل ١)، وكذلك منحنى زيادة الجهد مع الزمن V_r Voltage rise، وزمن العودة (Recovery time (sec) الشكل ب) لمولد قدرته 22.5KVA لأحمال معامل قدرتها 0.8 ونسأوى (0.20KW)، وهذا المولد من صناعة شركة Marathon electric.



الشكل (١٠-٢)

١٠ / ٤ - الأحمال الكهربائية

أولاً: أحمال الإضاءة:

إن القدرة الكهربائية المستهلكة في وحدات إضاءة ذات المصابيح الفلورسنت أثناء تشغيلها تساوي مجموع قدرة المصابيح الكهربائية ووحدات الكبح.

والجدول (١٠ - ٥) يعطي القدرة الكلية لوحدات إضاءة مزودة بأنواع مختلفة من المصابيح.

الجدول (١٠ - ٥)

نوع المصباح	قدرة المصباح W	القدرة الكلية لوحة الإضاءة (W)	نوع المصباح	قدرة المصباح w	القدرة الكلية لوحة الإضاءة (w)
فلورسنت بتسخين	15	20	رئيس (HPMV)	50	57
مسخن Preheat	20	25	لها معامل قدرة (0.95)	80	88
	30	40		100	118
	40	51		125	139
فلورسنت بلمبة	15	32		175	200
Trigger start	20	34		250	285
	2X20	55		400	454
فلورسنت بلمبة مربع	30	46		700	795
Rapid start لها	40	51		1000	1075
معامل قدرة (0.95)	2X40	88			
فلورسنت تبدأ بمفتاح	1X40	49	موتور ضغط	1X50	62
Switch start لها	2X40	98	على (HPS)	1X70	86
معامل قدرة (0.95)	1X65	76	لها معامل قدرة (0.95)	1X100	130
	2X65	152		1X150	188
Metal هاليد معدني	1X175	215		1X250	300
Halide لها معامل	1X250	295		1X400	465
قدرة (0.95)	1X400	455		1X1000	1100
	1X1000	1070			

ثانياً: الحركات الاستنتاجية :

الجدول (١٠ - ٦) يعطى معامل قدرة البدء $\cos \phi_s$ والكفاءة η ومعامل القدرة عن الدوران $\cos \phi$ لقدرات مختلفة لحركات استنتاجية ثلاثية الوجة

الجدول (١٠ - ٦)

القدرة P_M (HP)	2	3	5	7.5	10	15	20	25	30	40
$\cos \phi_s$	0.07	0.66	0.61	0.56	0.53	0.49	0.46	0.44	0.42	0.39
η	0.79	0.825	0.83	0.85	0.85	0.86	0.87	0.88	0.884	0.889
$\cos \phi$	0.79	0.82	0.85	0.87	0.87	0.88	0.89	0.89	0.89	0.90
القدرة P_M (HP)	50	60	75	100	125	150	200	250	300	330
$\cos \phi_s$	0.36	0.36	0.34	0.31	0.29	0.28	0.25	0.24	0.22	0.19
η	0.896	0.896	0.90	0.905	0.909	0.91	0.917	0.92	0.923	0.93
$\cos \phi$	0.9	0.9	0.9	0.9	0.91	0.91	0.91	0.91	0.92	0.92

والعلاقات التالية تستخدم مع الحركات الثلاثية الوجة :

$$P = \frac{P_M \times 0.746}{\eta} \quad (\text{KW}) \longrightarrow 10.4$$

$$S = \frac{P_M}{\cos \phi} \quad (\text{KVA}) \longrightarrow 10.5$$

البدء المباشر :

$$S_s = 7.1 P_M \quad (\text{KVA}) \longrightarrow 10.6$$

البدء لمحا دلتا :

$$S_s = 2.343 P_M \quad (\text{KVA}) \longrightarrow 10.7$$

البداء بمحول بدء له نقطة تفرع عند 80% من الجهد المقنن:

$$S_s = 4.544 P_M \text{ (KVA)} \longrightarrow 10.8$$

البداء بمحول بدء له نقطة تفرع عند 65% من الجهد المقنن:

$$S_s = 2.982 P_M \text{ (KVA)} \longrightarrow 10.9$$

البداء بمحول بدء له نقطة تفرع عند 50% من الجهد المقنن:

$$S_s = 1.775 P_M \text{ (KVA)} \longrightarrow 10.10$$

حيث إن:

P القدرة الكهربائية الفعالة للمحرك عند الدوران

S القدرة الظاهرية عند الدوران

S_s القدرة الظاهرية

P_M القدرة الميكانيكية بالحصلان الميكانيكي (HP)

COSφ معامل القدرة عند الدوران

COSφ_S معامل القدرة عند البدء

٥ / ١٠ - تطبيق على اختيار المولد تبعاً للأحمال

المطلوب اختيار قدرة المولد اللازم للأحمال الآتية:

الحمل الأول: 72 وحدة إضاءة فلورست تحتوي كل وحدة على مصباحين 2x40W من النوع السريع البدء وتعمل هذه الوحدات عند جهد 220V.

الحمل الثاني: 7 سخانات تعمل كل منها عند جهد 220V وثيارها المقنن 20A.

الحمل الثالث: 4 محركات أحادية الوجه قدرة المحرك 5HP، وتبدأ معاً في لحظة واحدة، وتوصل مباشرة على الخط عند جهد 220V، وكفاءة كل منهم 0.78، ومعامل قدرة كل منهم أثناء الدوران 0.8.

الحمل الرابع: 5 ماكينات لحام أحادية الوجه تعمل عند جهد 220V تيار الماكينة

الواحدة 19A ، ومعامل القدرة 0.4 متأخر.

الحمل الخاص - ثلاثة محركات استتاجية ثلاثية الوجه تعمل عند جهد 380V ، وتبدأ مباشرة بطريقة تناعية ، وقدرة المحرك 3HP.

الحمل السادس : محرك استتاجي ثلاثي الوجه قدرته 80HP يبدأ بمحول ذاتي له نقطة تفرع عند 80% من الجهد المقار الذي يساوي 380V.

الحمل السابع : محرك استتاجي ثلاثي الوجه قدرته 80KW يبدأ نجما ولتا عند جهد 380V.

علماً بأن درجة الحرارة المحيطة 45°C ، وارتفاع مستوى تثبيت المولد عن سطح البحر يساوي 1600m ، كما أن الاحمال تبدأ بطريقة تناعية.

الإجابة

الحمل الأول.

التشغيل العابر	التشغيل المستمر
لا يوجد تشغيل عابر	من الجدول (١١ - ٥) فإن القدرة الكلية لوحدة الإضاءة هي 38W ، وتقسّم هذه الوحدات على الأوجه الثلاثة للمصدر فيكون عدد الوحدات الموزعة على الوجه الواحد $\frac{73}{3}$ أي 24 ، ويكون قدرة احمال الوجه
	$P_1 = \frac{38 \times 24}{1000} = 2.112KW$
	$S_1 = \frac{2.112}{0.95} = 2.22KV.A$

الحمل الثاني :

التشغيل العابر	التشغيل المستمر
لا يوجد تشغيل عابر	تقسم سخانات السبعة على الأوجه الثلاثة فيكون نصيب الوجه 2 سخاناً عدا وجه يكون نصيبه 3 سخان وتكون القدرة القصوى للوجه $S_2 = P_2 = \frac{3 \times 220 \times 20}{1000} = 13.2KW$

الحمل الثالث :

التشغيل العابر	التشغيل المستمر
بأخذ معامل البدء يساوي 7.1 وبالتالي فإن القدرة العابرة للحمل الثالث عند بدء محركين تساوي $S_{\Sigma 3} = 7.1 \times 5 \times 2$ $= 71KVA$	تقسم اهركات على الأوجه الثلاثة فيكون نصيب الوجه مساوياً لمحرك واحد عدا وجه يحمل محركين وتكون القدرة القصوى للوجه $S_3 = \frac{2 \times 5 \times 0.746}{0.78} = 9.6KW$ $S_4 = \frac{9.6}{0.8} = 12.0KVA$

الحمل الرابع :

التشغيل العابر	التشغيل المستمر
لا يوجد تشغيل عابر لماكينات اللحام	تقسم ماكينات اللحام الخمسة على الأوجه الثلاثة فيكون نصيب الوجه ماكينة لحام عدا وجه يحمل ماكيتين لحام وتكون القدرة القصوى للوجه $S_4 = \frac{2 \times 220 \times 19}{1000} = 8.36KVA$ $P_4 = 8.36 \times 0.4 = 3.6KW$

الحمل الخامس :

التشغيل العابر	التشغيل المستقر
حيث إن المحركات تبدأ مباشرة لذلك يمكن اعتبار معامل البدء 7.1 وبالتالي فإن القدرة العابرة تساوي $SS5 = 3 \times 7.1 = 21.3 \text{KVA}$	من الجدول (٦-١٠) عند قدرة ميكانيكية 3HP فإن $\eta = 0.825, PF = 0.82$ وبالتالي فإن القدرة الكلية تساوي $P5 = \frac{3 \times 3 \times 0.746}{0.825} = 8.1 \text{KW}$ $S5 = \frac{8.1}{0.82} = 9.87 \text{KVA}$

الحمل السادس :

التشغيل العابر	التشغيل المستقر
حيث إن المحرك يبدأ حركته ثمحول ذاتي له نقطة تفرع عند 80% من الجهد المعلن لذلك فإن: $SS6 = 4.544 \text{ PM}$ $= 4.544 \times 80$ $= 363.52 \text{ KVA}$	من الجدول (٦-١٠) يمكن تعيين الكفاءة ومعامل القدرة للمحرك الذي قدر له 80HP $\eta = 0.905 \quad PF = 0.91$ وبالتالي فإن: $P6 = \frac{80 \times 0.746}{0.905} = 65.9 \text{KW}$ $S6 = \frac{P6}{\cos \phi} = \frac{65.9}{0.91} = 72.4 \text{KVA}$

الحمل السابع :

التشغيل العابر	التشغيل المستقر
حيث إن المحرك يبدأ نجما دلتا لذلك فإن : $SS7 = 2.343 \text{ PM}$ $= 2.343 \times 134$ $= 313.9 \text{ KVA}$	قدرة المحرك بالحصان تساوي $P7 = \frac{100}{0.746} = 134 \text{HP}$ ومن الجدول (٦-١٠) فإن $\eta = 0.912 \quad PF = 0.91$ وبالتالي فإن: $P7 = \frac{134 \times 0.746}{0.912} = 109.6 \text{KW}$ $S7 = \frac{109.6}{0.91} = 120.4 \text{KVA}$

وبالتالي فإن محصلة القدرات الفعالة والقدرات الظاهرية للأحمال الأحادية الوجه 1, 2, 3, 4 تساوي :

$$P_{1-4} = 3(2.112 + 13.2 + 9.6 + 3.6) = 90 \text{ KW}$$

$$S_{1-4} = 3(2.22 + 13.2 + 12.0 + 8.3) = 38 \text{ KVA}$$

ويكون محصلة القدرات الظاهرية عند البدء للأحمال الأحادية الوجه 1, 2, 3, 4 مساوية :

$$S_{1-4} = 3(0 + 0 + 7.1 + 0) = 21.3 \text{ KVA}$$

والجدول (١٠ - ٧) يعطى قيم القدرات الفعالة والظاهرية ومعامل القدرة عند التشغيل المستقر وكذلك القدرة الظاهرية عند البدء للأحمال المختلفة.

الجدول (١٠ - ٧)

الحمل رقم	التشغيل المستقر			التشغيل العابر
	S (KVA)	P (KW)	$\cos\phi = \frac{P}{S}$	Ss (KVA)
1- 4	114	90	0.789	21,3
5	0.87	8.1	0.82	21,3
6	72.4	65.0	0.91	363.52
7	109.6	100	0.91	313.9
الحمل الكلى	305.8	264	0.86	

والجدهر بالذكر أن أمدا حالة في البدء عند دخول الحمل السادس على المولد بعد باقي الأحمال، وبالتالي تصبح القدرة الكلية عند البدء مساوية :

$$S_s = 114 + 9.87 + 363.52 + 109.6 = 596.99 \text{ KVA}$$

وبالتالي يجب اختيار مولد له قدرة ظاهرية تساوي :

$$S_G = \frac{S}{F_1 F_2 F_3} \text{ (KVA)} \longrightarrow 10.11$$

وحيث إن درجة حرارة الوسط المحيط تساوي 45°C فإن F_1 من الجدول (١٠ - ٢) تساوي 0.97.

وحيث إن الارتفاع عن سطح البحر لمكان تثبيت المولد يساوى 1600m فإن F2 من الجدول (١٠ - ٣) يساوى 0.964

وحيث إن معامل القدرة الإجمالي أكبر من 0.8؛ لذلك فإن معامل القدرة F3 من الجدول (١٠ - ٤) يساوى 1

وبالتالى فإن:

$$S_G = \frac{305.8}{0.97 \times 0.964 \times 1} = 376 \text{ KVA}$$

لذلك يجب اختيار مولد له قدرة ظاهرية لا تقل عن 376KVA، وقادرًا على إمداد الأحمال عند البدء بقدرة ظاهرية عابرة تصل إلى 596.99KVA بشرط ألا يزيد الانخفاض فى الجهد عند البدء 30% من الجهد المقنن والذى يساوى 380V وتتردد المولد 50HZ.

١٠ / ٦ - تحسين معامل القدرة

إن معامل القدرة السيئ (الأصغر كثيراً من الواحد) يضر بمحطات التوليد حيث يضع جزء كبير من قدرة المحطات هباءً لذلك فإن شركات الكهرباء تفرض جزاءات شديدة على المصانع التى تعمل بمعامل قدرة سيء. وعادة فإن المصانع تسحب قدرة فعالة متأخرة نتيجة لأحمال الإضاءة والمحركات الاستنتاجية. ولما كانت القدرة غير الفعالة المحصلة تساوى الفرق بين القدرة غير الفعالة المتأخرة والقدرة غير الفعالة المتقدمة للأحمال، لذا كان من الممكن تقليل القدرة غير الفعالة للمصانع بإضافة أحمال تسحب قدرة غير فعالة متقدمة؛ مثل: المكثفات، وإيضاً المحركات التزامنية عندما يكون تيار المجال لها رائداً.

والجدير بالذكر أن تحسين معامل القدرة يعود بالنفع على مولد الطوارئ الخاص بالأحمال، فيقلل من حجمه وكذلك يساعد على الاستفادة القصوى بقدرة المولد.

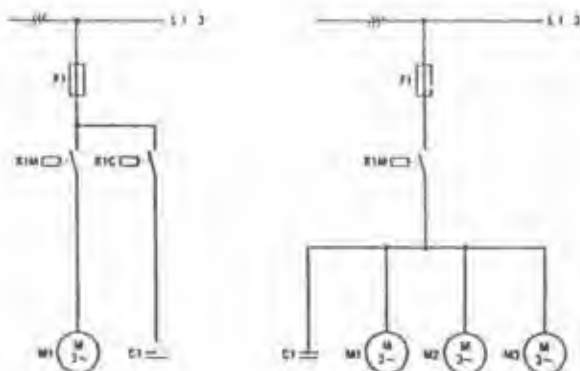
وهناك ثلاثة طرق لتحسين معامل القدرة فى المصانع وهم كما يلى:

١ - تحسين معامل القدرة لكل حمل بمفرده.

٢ - تحسين معامل القدرة لمجموعة أحمال.

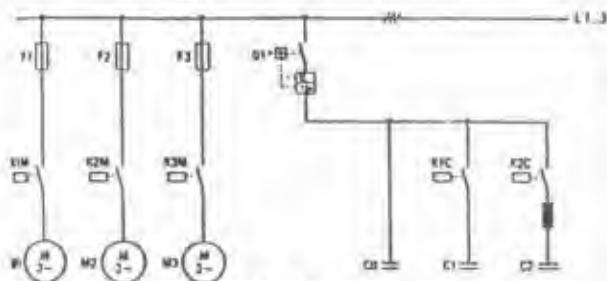
٣ - تحسين معامل القدرة المركزي .

والشكل (١٠ - ٣) يبين مخططاً أحادي الخط لهذه الطرق المختلفة لتحسين معامل القدرة .



تحسين معامل قدرة لمحرك واحد

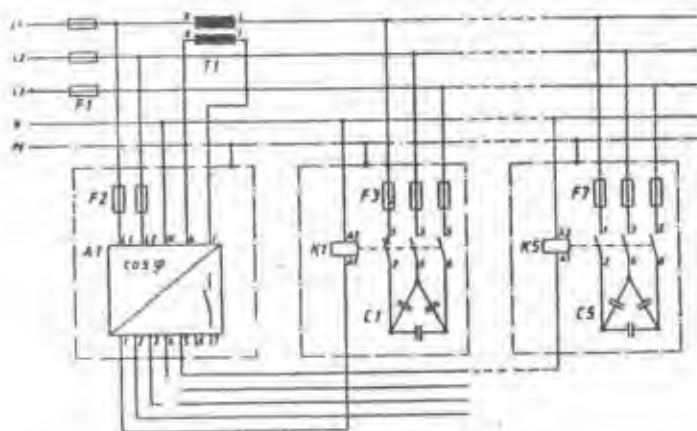
تحسين معامل قدرة لمجموعة احمال



تحسين معامل القدرة المركزي

الشكل (١٠ - ٣)

أما الشكل (١٠-٤) فيعرض الدائرة الكهربائية لأحد وحدات تحسين معامل القدرة الأتوماتيكية. علماً بأن متحكم معامل القدرة A1 يحصل على إشارة جهد من الأطراف N, L1, L2 وإشارة تيار من خلال الأطراف L, K, وعادة يحصل على إشارة التيار من محول تيار لكبر التيار. وكما هو واضح من هذا الشكل أن الطرف 1 من متحكم معامل القدرة A1 موصل بملف الكونداكتور K1، وكذلك الطرف 2 من موصل بملف الكونداكتور K2 وهكذا. علماً بأن عدد مجموعات المكثفات Capacitor Banks التي يدخلها ريلاي معامل القدرة A1 بالتوازي مع الأحمال يعتمد على معامل القدرة المحصل للأحمال وكذلك القدرة المحظية للأحمال.



الشكل (١٠-٤)

والجدول (١٠-٨) يعطي قدرة المكثفات غير الفعالة KVAR لكل KW من الحمل. فمثلاً إذا كان معامل القدرة للحمل 0.57 متأخراً، فلتحسين معامل قدرة الحمل وصولاً لمعامل قدرة 0.9 تحتاج لمكثفات قدرتها الفعالة 0.958KVAR لكل KW من الحمل. فإذا كان قدرة الأحمال 100KW نحتاج لمجموعات مكثفات قدرتها تساوي:

$$= 100 \times 0.958 = 95.8 \text{ KVAR}$$

الجدول (١٠ - أ)

Disused Power Factor in Percentage																			
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19
50	0.912	1.006	1.038	1.060	1.086	1.113	1.138	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.402	1.434	1.467	1.500
51	0.915	0.960	0.989	1.017	1.045	1.073	1.099	1.128	1.157	1.187	1.216	1.245	1.274	1.304	1.334	1.364	1.394	1.424	1.454
52	0.919	0.954	0.980	1.005	1.030	1.055	1.080	1.105	1.130	1.155	1.180	1.205	1.230	1.255	1.280	1.305	1.330	1.355	1.380
53	0.923	0.953	0.976	1.000	1.023	1.046	1.069	1.092	1.115	1.138	1.161	1.184	1.207	1.230	1.253	1.276	1.299	1.322	1.345
54	0.927	0.954	0.975	1.000	1.022	1.044	1.066	1.088	1.110	1.132	1.154	1.176	1.198	1.220	1.242	1.264	1.286	1.308	1.330
55	0.931	0.956	0.976	1.000	1.021	1.042	1.063	1.084	1.105	1.126	1.147	1.168	1.189	1.210	1.231	1.252	1.273	1.294	1.315
56	0.935	0.959	0.978	1.000	1.020	1.040	1.060	1.080	1.100	1.120	1.140	1.160	1.180	1.200	1.220	1.240	1.260	1.280	1.300
57	0.939	0.962	0.980	1.000	1.019	1.038	1.057	1.076	1.095	1.114	1.133	1.152	1.171	1.190	1.210	1.229	1.248	1.267	1.286
58	0.943	0.965	0.982	1.000	1.018	1.036	1.054	1.072	1.090	1.108	1.126	1.144	1.162	1.180	1.198	1.216	1.234	1.252	1.270
59	0.947	0.968	0.984	1.000	1.017	1.034	1.051	1.068	1.084	1.101	1.118	1.135	1.152	1.169	1.186	1.203	1.220	1.237	1.254
60	0.951	0.971	0.986	1.000	1.016	1.032	1.048	1.064	1.080	1.096	1.112	1.128	1.144	1.160	1.176	1.192	1.208	1.224	1.240
61	0.955	0.974	0.989	1.000	1.015	1.030	1.045	1.060	1.075	1.090	1.105	1.120	1.135	1.150	1.165	1.180	1.195	1.210	1.225
62	0.959	0.977	0.991	1.000	1.014	1.028	1.042	1.056	1.070	1.084	1.098	1.112	1.126	1.140	1.154	1.168	1.182	1.196	1.210
63	0.963	0.980	0.993	1.000	1.013	1.026	1.039	1.052	1.065	1.078	1.091	1.104	1.117	1.130	1.143	1.156	1.169	1.182	1.195
64	0.967	0.983	0.995	1.000	1.012	1.024	1.036	1.048	1.060	1.072	1.084	1.096	1.108	1.120	1.132	1.144	1.156	1.168	1.180
65	0.971	0.986	0.998	1.000	1.011	1.022	1.033	1.044	1.055	1.066	1.077	1.088	1.099	1.110	1.121	1.132	1.143	1.154	1.165
66	0.975	0.989	1.000	1.000	1.010	1.020	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.110	1.120	1.130	1.140	1.150
67	0.979	0.992	1.002	1.000	1.009	1.018	1.027	1.036	1.045	1.054	1.063	1.072	1.081	1.090	1.100	1.109	1.118	1.127	1.136
68	0.983	0.995	1.004	1.000	1.008	1.016	1.024	1.032	1.040	1.048	1.056	1.064	1.072	1.080	1.088	1.096	1.104	1.112	1.120
69	0.987	0.998	1.006	1.000	1.007	1.014	1.021	1.028	1.035	1.042	1.049	1.056	1.063	1.070	1.077	1.084	1.091	1.098	1.105

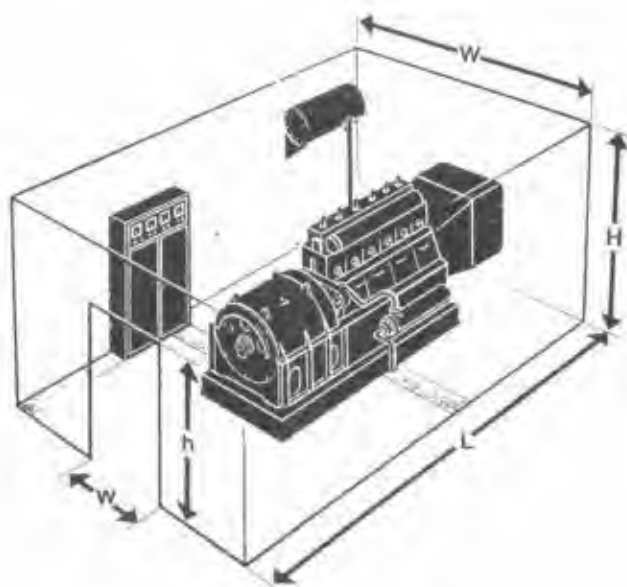
تابع الجدول (١٠ - ٨)

	United Power Factor in Percentage																			
	99	91	90	80	85	82	85	97	88	90	94	97	97	97	97	97	97	97	97	97
11	0.242	0.266	0.294	0.326	0.360	0.395	0.432	0.470	0.508	0.546	0.584	0.622	0.660	0.698	0.736	0.774	0.812	0.850	0.888	0.926
12	0.274	0.298	0.326	0.358	0.392	0.427	0.464	0.501	0.538	0.575	0.612	0.649	0.686	0.723	0.760	0.797	0.834	0.871	0.908	0.945
13	0.306	0.330	0.358	0.390	0.424	0.459	0.495	0.531	0.567	0.603	0.639	0.675	0.711	0.747	0.783	0.819	0.855	0.891	0.927	0.963
14	0.338	0.362	0.390	0.422	0.456	0.491	0.526	0.561	0.596	0.631	0.666	0.701	0.736	0.771	0.806	0.841	0.876	0.911	0.946	0.981
15	0.370	0.394	0.422	0.454	0.488	0.523	0.557	0.591	0.625	0.659	0.693	0.727	0.761	0.795	0.829	0.863	0.897	0.931	0.965	1.000
16	0.402	0.426	0.454	0.486	0.520	0.554	0.588	0.622	0.656	0.690	0.724	0.758	0.792	0.826	0.860	0.894	0.928	0.962	0.996	1.030
17	0.434	0.458	0.486	0.518	0.552	0.586	0.620	0.654	0.688	0.722	0.756	0.790	0.824	0.858	0.892	0.926	0.960	0.994	1.028	1.062
18	0.466	0.490	0.518	0.550	0.584	0.618	0.652	0.686	0.720	0.754	0.788	0.822	0.856	0.890	0.924	0.958	0.992	1.026	1.060	1.094
19	0.498	0.522	0.550	0.582	0.616	0.650	0.684	0.718	0.752	0.786	0.820	0.854	0.888	0.922	0.956	0.990	1.024	1.058	1.092	1.126
20	0.530	0.554	0.582	0.614	0.648	0.682	0.716	0.750	0.784	0.818	0.852	0.886	0.920	0.954	0.988	1.022	1.056	1.090	1.124	1.158
21	0.562	0.586	0.614	0.646	0.680	0.714	0.748	0.782	0.816	0.850	0.884	0.918	0.952	0.986	1.020	1.054	1.088	1.122	1.156	1.190
22	0.594	0.618	0.646	0.678	0.712	0.746	0.780	0.814	0.848	0.882	0.916	0.950	0.984	1.018	1.052	1.086	1.120	1.154	1.188	1.222
23	0.626	0.650	0.678	0.710	0.744	0.778	0.812	0.846	0.880	0.914	0.948	0.982	1.016	1.050	1.084	1.118	1.152	1.186	1.220	1.254
24	0.658	0.682	0.710	0.742	0.776	0.810	0.844	0.878	0.912	0.946	0.980	1.014	1.048	1.082	1.116	1.150	1.184	1.218	1.252	1.286
25	0.690	0.714	0.742	0.774	0.808	0.842	0.876	0.910	0.944	0.978	1.012	1.046	1.080	1.114	1.148	1.182	1.216	1.250	1.284	1.318
26	0.722	0.746	0.774	0.806	0.840	0.874	0.908	0.942	0.976	1.010	1.044	1.078	1.112	1.146	1.180	1.214	1.248	1.282	1.316	1.350
27	0.754	0.778	0.806	0.838	0.872	0.906	0.940	0.974	1.008	1.042	1.076	1.110	1.144	1.178	1.212	1.246	1.280	1.314	1.348	1.382
28	0.786	0.810	0.838	0.870	0.904	0.938	0.972	1.006	1.040	1.074	1.108	1.142	1.176	1.210	1.244	1.278	1.312	1.346	1.380	1.414
29	0.818	0.842	0.870	0.902	0.936	0.970	1.004	1.038	1.072	1.106	1.140	1.174	1.208	1.242	1.276	1.310	1.344	1.378	1.412	1.446
30	0.850	0.874	0.902	0.934	0.968	1.002	1.036	1.070	1.104	1.138	1.172	1.206	1.240	1.274	1.308	1.342	1.376	1.410	1.444	1.478
31	0.882	0.906	0.934	0.966	1.000	1.034	1.068	1.102	1.136	1.170	1.204	1.238	1.272	1.306	1.340	1.374	1.408	1.442	1.476	1.510
32	0.914	0.938	0.966	0.998	1.032	1.066	1.100	1.134	1.168	1.202	1.236	1.270	1.304	1.338	1.372	1.406	1.440	1.474	1.508	1.542
33	0.946	0.970	0.998	1.030	1.064	1.098	1.132	1.166	1.200	1.234	1.268	1.302	1.336	1.370	1.404	1.438	1.472	1.506	1.540	1.574
34	0.978	1.002	1.030	1.062	1.096	1.130	1.164	1.198	1.232	1.266	1.300	1.334	1.368	1.402	1.436	1.470	1.504	1.538	1.572	1.606
35	1.010	1.034	1.062	1.094	1.128	1.162	1.196	1.230	1.264	1.298	1.332	1.366	1.400	1.434	1.468	1.502	1.536	1.570	1.604	1.638
36	1.042	1.066	1.094	1.126	1.160	1.194	1.228	1.262	1.296	1.330	1.364	1.398	1.432	1.466	1.500	1.534	1.568	1.602	1.636	1.670
37	1.074	1.098	1.126	1.158	1.192	1.226	1.260	1.294	1.328	1.362	1.396	1.430	1.464	1.498	1.532	1.566	1.600	1.634	1.668	1.702
38	1.106	1.130	1.158	1.190	1.224	1.258	1.292	1.326	1.360	1.394	1.428	1.462	1.496	1.530	1.564	1.598	1.632	1.666	1.700	1.734
39	1.138	1.162	1.190	1.222	1.256	1.290	1.324	1.358	1.392	1.426	1.460	1.494	1.528	1.562	1.596	1.630	1.664	1.698	1.732	1.766
40	1.170	1.194	1.222	1.254	1.288	1.322	1.356	1.390	1.424	1.458	1.492	1.526	1.560	1.594	1.628	1.662	1.696	1.730	1.764	1.798
41	1.202	1.226	1.254	1.286	1.320	1.354	1.388	1.422	1.456	1.490	1.524	1.558	1.592	1.626	1.660	1.694	1.728	1.762	1.796	1.830
42	1.234	1.258	1.286	1.318	1.352	1.386	1.420	1.454	1.488	1.522	1.556	1.590	1.624	1.658	1.692	1.726	1.760	1.794	1.828	1.862
43	1.266	1.290	1.318	1.350	1.384	1.418	1.452	1.486	1.520	1.554	1.588	1.622	1.656	1.690	1.724	1.758	1.792	1.826	1.860	1.894
44	1.298	1.322	1.350	1.382	1.416	1.450	1.484	1.518	1.552	1.586	1.620	1.654	1.688	1.722	1.756	1.790	1.824	1.858	1.892	1.926
45	1.330	1.354	1.382	1.414	1.448	1.482	1.516	1.550	1.584	1.618	1.652	1.686	1.720	1.754	1.788	1.822	1.856	1.890	1.924	1.958
46	1.362	1.386	1.414	1.446	1.480	1.514	1.548	1.582	1.616	1.650	1.684	1.718	1.752	1.786	1.820	1.854	1.888	1.922	1.956	1.990
47	1.394	1.418	1.446	1.478	1.512	1.546	1.580	1.614	1.648	1.682	1.716	1.750	1.784	1.818	1.852	1.886	1.920	1.954	1.988	2.022
48	1.426	1.450	1.478	1.510	1.544	1.578	1.612	1.646	1.680	1.714	1.748	1.782	1.816	1.850	1.884	1.918	1.952	1.986	2.020	2.054
49	1.458	1.482	1.510	1.542	1.576	1.610	1.644	1.678	1.712	1.746	1.780	1.814	1.848	1.882	1.916	1.950	1.984	2.018	2.052	2.086
50	1.490	1.514	1.542	1.574	1.608	1.642	1.676	1.710	1.744	1.778	1.812	1.846	1.880	1.914	1.948	1.982	2.016	2.050	2.084	2.118

ملحق ١

أبعاد غرف وحدات التوليد العاملة بالديزل

توجد علاقة بين الغرفة التي يوضع فيها وحدات التوليد العاملة بالديزل والقدرة الظاهرية لمولدها، والشكل التالي يعرض نموذجاً توضيحياً لوضع وحدة توليد عاملة بالديزل في غرفة وأبعاد الغرفة.



النموذج التوضيحي

والجدول التالي يعطين قيم الأبعاد المختلفة للمعرفة لقدرات مختلفة للمولدات ، تبعاً لتوصيات شركة Siemens الألمانية .

650:1500	250:550	100:200	20:60	قدرة التوكيد KVA	الأبعاد (m)
10.0	7.0	6.0	5.0	L	
5.0	5.0	4.5	4.0	W	
4.0	4.0	3.5	3.0	H	
2.2	2.2	1.5	1.2	w	
2.0	2.0	2.0	2.0	h	

References

1- Günter Gseip, Werner sturm ed, 1987.

Electrical Installation Hanbook, Geremany, siemens co.

2- Gordan S. Johnson ed, 1993.

On site power Generation refrence book. USA.

Electrical Generation system Association.

3- Newage Engineering LTD.

Operation & Maintenance Manual, AC Range.

Brushless AC Generator England, Acharterhouse group company.

4- Marathon Electric CO. ed 1993.

Magnamax DVR Generator Installation, Operation and maintenance. Manual Of AC Generator. USA.

5- Marathon Electric CO. ed 1991.

Magnanax Voltage regulator Technical Manual for models PM100 and PM200. USA.

6- Basler Electric CO.

Power Products catalogue, USA. Highland.

7- SELCO.

Generator Catalogue, Denmark / Great britnian.

8- Crompton CO.

Protection relay catalogue NO. SW 250/P, England.

9- Barber electric CO. Technical Manual for electronic Governor
USA.

10- Murphy switch of california, Inc.

Basic operating and Installation Instructions for the ASM ISO
Murphymatic.

11- CELISA CO. ed 1987.

Switch Board Measuring instrument catalogue. Spain.

12- MERLIN GERIN ed 1992.

LOW voltage circuit Breaker application Guide. France.

13- MERLIN GERIN ed 1995.

LOW Voltage distribution catalogue. France.

مراجع عربية

١ - السلسلة التكنولوجية :

هندسة الجرافات - دار المعارف القاهرة ..

٢ - السلسلة التكنولوجية :

هندسة السيارات - دار المعارف القاهرة ..

صدر من هذه الموسوعة:

- ١ - الأسس العملية في التركيبات الكهربائية .
- ٢ - التركيبات الكهربائية في المنشآت السكنية .
- ٣ - التركيبات الكهربائية في المنشآت الصناعية والتجارية والعامة .
- ٤ - المولدات العاملة بمحركات الديزل .